



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

Tesis presentada a la Escuela  
de Diseño de la Pontificia  
Universidad Católica de  
Chile para optar por el título  
profesional de Diseñador.

DISEÑO | UC

Facultad de Arquitectura, Diseño  
y Estudios Urbanos

# kelp.

agua más liviana

MAGDALENA MAIZ H

Profesor guía: Tomás Vivanco  
Diciembre 2018. Santiago, Chile





PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

DISEÑO | UC

Facultad de Arquitectura, Diseño  
y Estudios Urbanos

# kelp.

agua más liviana

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad  
Católica de Chile para optar por el título profesional de Diseñador.

**Autor: Magdalena Maiz Hohlberg**

Profesor guía: Tomás Vivanco  
Diciembre 2018. Santiago, Chile



Quiero darles las gracias a todas las personas que me dieron su testimonio y me dejaron entrar en sus casas sin cuestionar nada, Carlos, Ruth, Don Lana y Doña Olga, Jasmine, Blanca, y tantos que estuvieron dispuestos a conversar y contarme lo que han tenido que enfrentar. A Hernán y Miguel, les agradezco por todo el apoyo, por ser un ejemplo de creencia en las personas de la Bahía.

Durante este proyecto fueron muchos los que me ayudaron, Loretto, Matías, Javier, Carlos R., César, Ricardo, Carlos B., Javiera; les doy las gracias por las largas horas de trabajo y por tanta paciencia.

A Tomás, por desafiarme y confiar en mi trabajo, gracias por guiar desde la enseñanza y por escuchar cada parte esta historia con tanto interés.

Por enseñarme a soñar y apoyarme siempre, gracias a mis papás y a mis hermanos. A Jorge por contenerme y corregirme con tanto cariño. Gracias también a mis amigas, por dar ese empujón de ánimo que siempre se necesita.

Pensar en este proyecto me trae a la cabeza a tantas personas que agradecer, gracias a todos, espero de corazón que les guste.

---

# CONTENIDOS

Introducción	3	4.1.2 Agua Contaminada	39
		4.1.3 Escases de agua limpia	39
<b>1. INDUSTRIAS EN CHILE</b>		<b>4.2 Agua de Consumo</b>	40
<b>1.1 Contaminación Industrial</b>	6	4.2.1 Agua de Pozos en Puchuncaví y Quintero	40
1.1.1 Qué entendemos por Contaminación Industrial	6	<b>4.3 Agua de Mar: FIC Algas</b>	42
1.1.2 Tipos de Contaminación industrial	7	4.3.1 Proyecto	42
1.1.3 Fuentes de Emisión	7	4.3.2 Implementación	42
<b>1.2 Contexto Nacional</b>	8	4.3.3 Resultados	42
<b>1.3 Metales Pesados</b>	9	4.3.4 Vínculo	43
1.3.1 Descripción General	9	4.3.5 Desafío	43
1.3.2 Normativa de Salud Internacional y en Chile	11	<b>4.4 Huiro Canutillo</b>	44
		4.4.1 Macroalgas	44
<b>2. ZONA DE SACRIFICIO</b>		4.4.2 Huiro Canutillo: <i>Macrocystis Pyrifera</i>	44
<b>2.1 Historia de la Bahía de Quinteros</b>	14	4.4.3 Bioacumuladores	45
2.1.1 Inicios de los 60'	14	<b>5. MATERIAL: BIOCARBÓN</b>	
2.1.2 El cordón Industrial	16	<b>5.1 Biocarbón Estándar</b>	48
2.1.3 Residuos contaminantes	18	5.1.1 Descripción General	48
2.1.4 Impacto en la Salud y el Medioambiente	20	5.1.2 Biocarbón de Alga	48
<b>2.2 Lugar Entrópico</b>	22	5.1.3 Propiedades	49
2.2.1 Entropía	22	<b>5.2 Proceso productivo del Biocarbón</b>	49
2.2.2 Violencia Invisible	23	5.2.1 Pirolisis	49
2.2.3 Sociedad Vulnerable	23	<b>5.3 Biocarbón Magnético</b>	50
<b>2.3 El Diseño como medida de resiliencia</b>	24	5.3.1 Propiedades	51
2.3.1 Diseño Resiliente	24	<b>5.4 Estudio del Material</b>	52
2.3.2 Tercera Revolución Industrial	25	5.4.1 Carta de Navegación	52
<b>2.4 Civilización Empática</b>	27	5.4.2 Estados del Material	56
2.4.1 Utopía Realizable	27	<b>5.5 Conclusiones</b>	56
2.4.2 Consenso Colectivo	27	5.5.1 Planteamiento de Hipótesis	56
2.4.3 Economía Circular	27		
<b>3. ESTUDIO DEL LUGAR ENTRÓPICO</b>		<b>6. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>	
<b>3.1 Caso de Estudio: Comuna de Puchuncaví y Quintero</b>	30	<b>6.1 Oportunidad</b>	60
3.1.1 Lugares Entrópicos en Chile	30	<b>6.2 Formulación</b>	61
3.1.2 Patrones de Comportamiento	30	<b>6.3 Contexto</b>	62
3.1.3 Interacciones Críticas	30	6.3.1 Escalas de trabajo	62
3.1.4 Mecanismos de Acción	32	6.3.2 Contexto de Implementación	62
3.1.5 Conclusión	34	<b>6.4 Usuario</b>	66
<b>4. AGUA Y METALES PESADOS</b>		6.4.1 Usuario Primario	66
<b>4.1 Agua Insalubre</b>	38	6.4.2 Usuario Secundario	67
4.1.1 ODS 2018	38	<b>6.5 Antecedentes y referentes</b>	68

## **7. LABORATORIO: HIPÓTESIS**

<b>7.1 Metodología de Trabajo</b>	<b>72</b>
7.1.1 Protocolo Laboratorio	72
7.1.2 Muestras	72
7.1.3 Curva de Pirolisis	73
7.1.4 Preparación Biomasa	74
7.1.5 Impregnación Hierro (M1-M2)	75
7.1.6 Impregnación con Urea (M2)	76
7.1.7 Pirolisis (M1-M2-M3)	77
<b>7.2 Análisis de resultados</b>	<b>78</b>
7.2.1 Variación de peso	78
7.2.2 Imágenes FESEM	79
<b>7.3 Validación de la Hipótesis</b>	<b>80</b>
7.3.1 Adsorción de metales pesados	80
7.3.2 Desarrollo pruebas Cadmio y Plomo	81
<b>7.4 Resultados</b>	<b>83</b>
7.4.1 Resultados Cualitativos	83
7.4.2 Resultados Cuantitativos	84
7.4.3 Conclusión	86

## **8. DESARROLLO DEL PROYECTO**

<b>8.1 Prototipos Borradores</b>	<b>88</b>
8.1.1 Concepto	88
8.1.2 Diseño de Prototipo (1)	89
8.1.3 Inyectar	90
8.1.4 Agitar	90
8.1.5 Análisis (V-C-P)	91
8.1.6 Diseño de Prototipo (2)	104
8.1.7 Atraer	105
8.1.8 Recolectar	105
8.1.9 Inyectar (III)	105

## **9. PROYECTO**

<b>9.1 Concepto</b>	<b>110</b>
9.1.1 Naming	110
9.1.2 Decisiones de Diseño	111
9.1.3 Elementos del Sistema	112
<b>9.2 Modelo de Gestión</b>	<b>114</b>
9.2.1 Orden de funcionamiento	116
9.2.2 Medidas de Seguridad	116
<b>9.3 Modelo de Negocios</b>	<b>118</b>
<b>9.4 Proyecciones</b>	<b>119</b>
<b>9.5 Conclusiones</b>	<b>120</b>

## **10. BIBLIOGRAFIA**

### **Anexos**

1.1. Entrevistas
1.2. Imágenes FESEM
1.3. Planimetrías Estanques
1.4. Planimetrías Prototipos





## Introducción

El mes de septiembre de este año se presentaron más de ochocientos casos de intoxicación en la zona de Puchuncaví-Quintero producto del alto nivel de contaminación industrial generado en este sector (Hospital de Quintero, 2018). La historia de esta zona se remonta a la década de los 60, fue entonces cuando la comuna de Puchuncaví fue un espacio de crecimiento industrial y uno de los principales polos de modernización del país; se construyeron termoeléctricas y refinerías de cobre situadas específicamente en la zona de las Ventanas. Sin embargo, lo que entonces se proyectaba como un plan de crecimiento y desarrollo económico, hoy se ha transformado en una de las crisis medioambientales más graves de nuestro país.

En los últimos años, Chile ha enfrentado un fuerte conflicto a nivel territorial, en el cual múltiples sectores se han visto vulnerados por el establecimiento masivo de industrias. El uso y apropiación de ciertos espacios y recursos geográficos son conductas procedentes de un modelo de desarrollo extractivista, impulsado por las políticas de desarrollo industrial del estado durante el s.XX. Dichas políticas, buscaban generar los llamados polos de extracción de recursos, lugares donde las grandes industrias energéticas se han establecido con la promesa de un auspicioso desarrollo industrial a nivel país. Hoy estos territorios se han convertido en zonas de sacrificio.

El problema de la contaminación, particularmente la generada por residuos industriales microscópicos, es uno de violencia invisible, es decir, no se descubrió en el corto plazo. Esto sucedía, a medida que metales pesados, y otras sustancias provenientes de las industrias, decantaban bajo la tierra y el mar tornándose etéreas a la vista y, por consecuencia, ignoradas como parte de la realidad. La acumulación de estas sustancias en el ecosistema ha provocado daños casi irremediables, desde intoxicación por consumo de mariscos hasta el envenenamiento por ingerir agua proveniente de pozos. Muchas asociaciones han intentado revertir esta condición, el año 2015, la Universidad Andrés Bello desarrolló un proyecto FIC (Fondo de Innovación para la Competitividad) de cultivo masivo de alga

parda para la bio-acumulación de metales pesados presentes en el mar. Sin embargo, uno de sus grandes desafíos era lograr generar un sistema que se hiciese cargo del alga contaminada luego de su cosecha. Ante esto, surge la oportunidad de investigar este residuo contaminado, estudiar sus componentes, posibles usos y propiedades, con el objetivo de otorgarle un valor y correcta manipulación a este material desechado, entregándole una oportunidad más sostenible al proyecto de bioremediación del mar, Fic Algas 2015-2016.

Esta tesis quiero entregarla a las personas que han vivido afectadas por esta contaminación, y ser de alguna manera un acto de amor ante la inconciencia de todos los que hemos ignoramos el dolor que ellos han sufrido durante tantos años. Espero representar sus pérdidas, su sufrimiento y demostrar, en la medida de lo que es posible, que el diseño y otras disciplinas pueden generar un cambio en la sociedad. Me encantaría que en un futuro este proyecto pudiese llegar a ser implementado y mejorar la calidad de vida de la Sra. Olga, de Don Lana, de Carlos y tantos otros que me enseñaron con su testimonio la historia que existe detrás de estas industrias, a la orilla de la Bahía de Quintero.





1.

---

**INDUSTRIAS  
EN CHILE**

---

## 1.1 Contaminación Industrial

### 1.1.1 ¿Qué entendemos por Contaminación Industrial?

Con la llegada de la Primera Revolución Industrial durante el siglo XVIII se desencadena la producción a gran escala y con ello la emisión masiva e incontrolada de sustancias nocivas provenientes de estos procesos industriales al medio ambiente. Previo a este periodo las industrias existentes eran pequeñas fábricas que trabajaban en una menor escala manteniendo sus niveles de toxicidad controlados, siendo el humo su principal agente contaminante. Sin embargo, la constitución de estas fábricas como industrias de gran escala comenzó a generar una discusión en donde las empresas tenían que reconocer su responsabilidad medioambiental.

Las causas más comunes de la contaminación industrial suelen ser la ausencia de políticas que regulen a las industrias, la eliminación ineficiente de residuos y el crecimiento no planificado de estas.

Soares de Freitas, M, et al. (2012), indican que este conflicto constituye un peligro inminente para la naturaleza; considerando a este no solo como un problema ajeno al ser humano sino todo por el contrario ya que incide en la calidad de vida de las personas siendo así que la causa-efecto realizado por las industrias resultan ser grandes fuentes de contaminación. Los agentes contaminantes que son emitidos se incorporan en el medio ambiente, causando graves consecuencias para la salud del hombre y del ecosistema al exceder las normas de regulación establecidas.

La contaminación industrial adquiere muchas caras. Emite sustancias tóxicas en el aire, contamina diferentes fuentes de agua y sus ecosistemas, y afecta la calidad de los suelos y sus recursos naturales. Por lo general, la contaminación del agua y la contaminación del suelo están sujetas a la falta de regulación en la eliminación de **residuos industriales**. La exposición prolongada a fuentes de agua y aire contaminadas provoca enfermedades crónicas, afectando gravemente a la salud del ser humano.

*"Este conflicto constituye un peligro inminente para la naturaleza; considerando a este no solo como un problema ajeno al ser humano sino todo por el contrario ya que incide en la calidad de vida de las personas".*

**M. Soares de Freitas (2012)**



### 1.1.2 Tipos de Contaminación Industrial

Tradicionalmente el medio ambiente se ha dividido, para su estudio y su interpretación, en tres componentes que son: aire, agua y suelo (Figura 1); sin embargo, esta división es meramente teórica, ya que la mayoría de los contaminantes interactúan con más de uno de los elementos del ambiente (Instituto de Salud Pública de Chile, ISPCH, 2018).

#### Contaminación Atmosférica

Se refiere a la emisión de **gases nocivos** y **material particulado (MP)** a la atmósfera, fenómeno que reduce la calidad del aire provocando graves enfermedades respiratorias, cáncer de pulmón, malformaciones congénitas, daños cerebrales, entre otros. Además, la contaminación del aire es un conflicto que afecta directamente la capa de ozono, acelerando el calentamiento global y perjudicando a la flora y fauna.

Algunos de los agentes contaminantes que se emiten a la atmósfera son: dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos policíclicos aromáticos, clorofluorocarbonos, MP

#### Contaminación de Aguas

Las fuentes que pueden verse perjudicadas son muchas, comprendiendo aguas superficiales como ríos, lagos y mar, aguas subterráneas y otros tipos de agua potable que hoy poseen un gran valor dentro del ecosistema. Los principales agentes contaminantes involucrados son residuos químicos, principalmente **metales pesados**; derrames de residuos líquidos como **petróleo** y otras sustancias provenientes de los desechos industriales. La mayor contaminación que se realiza es por la mala disposición de los efluentes de las industrias, ya que estos vierten sus fluidos sin previo tratamiento a cuerpos de agua causando contaminación.

#### Contaminación de Suelos

Es la degradación de la calidad del sustrato por la liberación de sustancias químicas. Esta puede generarse por contaminación de elementos líquidos, sólidos o gaseosos.

Los pesticidas, filtraciones de almacenamientos subterráneos o alcantarillados, y la acumulación directa de productos industriales y químicos en el suelo son los principales agentes contaminantes presentes en la tierra. Los productos químicos más comunes incluyen **derivados del petróleo**, **solventes**, **pesticidas** y otros **metales pesados**.

### 1.1.3 Fuentes de Emisión

Origen físico o geográfico donde se produce una liberación contaminante al ambiente, ya sea al aire, al agua o al suelo. Las principales fuentes industriales de donde proviene esta contaminación son:

- *Industria de procesos químico*
- *Industria alimenticia y agrícola*
- *Industria metalúrgica*
- *Industria minera*
- *Industria del petróleo y gas*

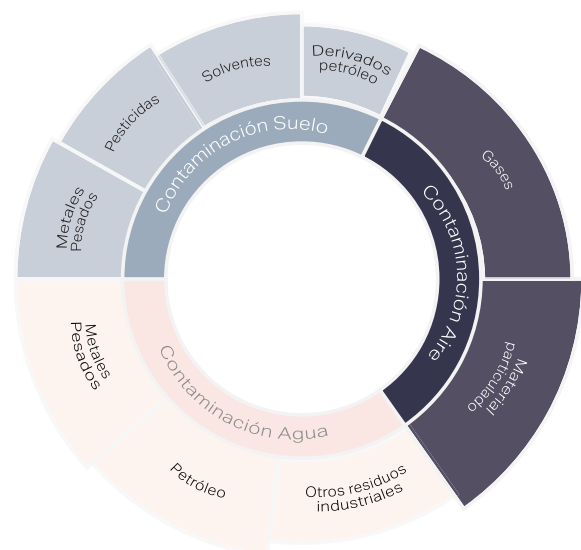


Figura 1:  
Tipos de contaminación y residuos,  
Elaboración propia

## 1.2 Contexto Nacional

El problema de la contaminación industrial en Chile se genera por la falta de distribución de los recursos y con ello la centralización de las industrias en zonas altamente vulnerables, esto se hace evidente al comprender que sólo en 5 comunas se concentran las 28 unidades termoeléctricas a carbón que operan en el país. De estas unidades, Tocopilla cuenta con 7; Mejillones con 8; Huasco con 5; Quintero-Puchuncaví con 4; y finalmente Coronel con 3. La mayoría de estas comunas han sido declaradas **zonas de sacrificio** (Figura 2) o saturadas de emisiones contaminantes humano (Geología Ambiental Chile, 2016).

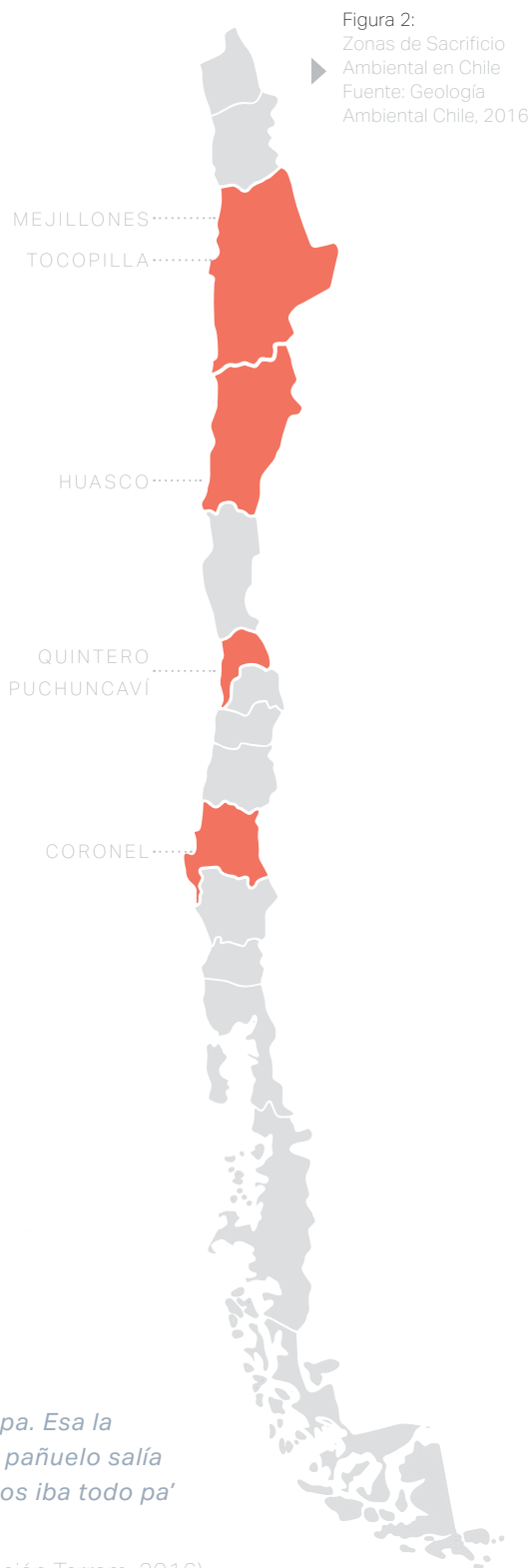
La constitución de este conflicto a nivel país deriva de una estructura económica basada en la exportación de materias primas como el cobre, la celulosa y productos alimenticios; el ya mencionado modelo de desarrollo extractivista. Este modelo promueve la extracción intensiva de recursos naturales, en Chile, existe una gran diversidad de materias primas debido a su extensión geográfica, sin embargo, lo que pareciera ser una oportunidad se ha transformado en una crisis debido a la centralización de las industrias en zonas rurales vulnerables gravemente intervenidas sin presencia de un plan regulador apto.

Las principales industrias que hoy se desarrollan en nuestro país son: el sector agroindustrial, el negocio forestal, la pesca industrial, la salmonicultura, la minería, y el negocio energético. Particularmente, estas dos últimas son industrias que hoy tienen lugar en el conflicto medioambiental generado en la comuna de Puchuncaví, donde se encuentran Codelco, cuatro termoeléctricas y otras industrias responsables de los altos niveles de polución y **metales pesados** identificados en el mar, aguas de pozos y organismos de los habitantes de la zona.

“

*Para trabajar ocupábamos una mascarilla que era como una trompa. Esa la mojábamos para ir a los convertidores y cosas así. Al terminar, el pañuelo salía negro de polvo y humo, lo estrujaba y me lo volvía a colocar. Se nos iba todo pa' dentro,* afirma Pedro Rocha, Comunidad de Puchuncaví.

(Fundación Terram, 2016)



## 1.3 Metales Pesados

### 1.3.1 Descripción General

En su forma natural los metales pesados se encuentran distribuidos en la corteza terrestre pero son extraídos con fines para el uso del hombre. La producción industrial y minera arroja al ambiente estos metales tóxicos, altamente dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida. Algunos de estos se encuentran suspendidos en la atmósfera dañando gravemente el aire que respiramos, este es el caso del Plomo. Otros metales pesados como el Cadmio y el Arsénico son desechados en aguas no tratadas contaminando las napas subterráneas, el mar y fuentes de agua que nos rodean. Los metales en el medio ambiente son incorporados en el ecosistema provocando un impacto medioambiental severo.

De todos los metales, los pesados son lo que más contaminan debido a su nivel de toxicidad, estos no son química ni biológicamente biodegradables, por lo que al ser liberados pueden permanecer en el ecosistema por cientos de años. Una vez que estos son ingeridos, su nivel de concentración aumenta provocando síntomas de intoxicación.

De los 106 elementos conocidos por el hombre, 84 son metales, por lo que no es de extrañar que las posibilidades de contaminación metálica en el ambiente sean numerosas. Sin embargo, no todos los metales son perjudiciales, algunos se presentan en muy bajas cantidades o son insolubles, sólo algunos son peligrosos dentro de los que encontramos el Plomo (Pb), Mercurio (Mh), Cromo (Cr) Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Arsénico (As).

La repercusión negativa de los metales pesados en el ecosistema y la salud del hombre se hace cada vez más evidente, algunas de las consecuencias de su exposición son enfermedades que provocan retrasos en el desarrollo, cáncer y finalmente la muerte (GWC, 2016).

*En la tabla se destacan algunos de los metales pesados que se han detectado en niveles que exceden la normativa de salud en nuestro país:*

1 IA 1A	2 IIA 2A											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8	10 VIII 8	11 IIB 1B	12 IIB 2B	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.866	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.711	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.294
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.328	57-71	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.085	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine [209.987]	86 Rn Radon [222.018]
87 Fr Francium [223.020]	88 Ra Radium [226.025]	89-103	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [278]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [286]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [294]	118 Og Oganesson [294]
Lanthanide Series																	
57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.243	61 Pm Promethium [144.913]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium [164.930]	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967			
Actinide Series																	
89 Ac Actinium [227.028]	90 Th Thorium [232.038]	91 Pa Protactinium [231.036]	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium [237.048]	94 Pu Plutonium [244.064]	95 Am Americium [243.061]	96 Cm Curium [247.070]	97 Bk Berkelium [247.070]	98 Cf Californium [251.080]	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium [257.095]	101 Md Mendelevium [261]	102 No Nobelium [269]	103 Lr Lawrencium [262]			

<b>ARSÉNICO</b>	<b>CADMIO</b>	<b>PLOMO</b>
<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>
Número Atómico: 33	Número Atómico: 48	Número Atómico: 82
<p>Es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. Su estado de oxidación es de -3, 0, +3 y +5, en su forma inorgánica es muy tóxico.</p>	<p>Metal que se utiliza en la industria del acero y de plásticos. Los compuestos del cadmio son componentes muy utilizados en pilas eléctricas. El cadmio se libera al ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa.</p>	<p>Es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Puede encontrarse en el agua potable canalizada a través de tuberías de Pb o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado se obtiene por medio del reciclaje.</p>
<p><b>RIESGO</b> La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel.</p>	<p><b>RIESGO</b> La principal fuente de exposición diaria al cadmio son los alimentos. La ingesta oral diaria es de 10 a 35 µg. El consumo de tabaco es una fuente adicional significativa de exposición al cadmio. También las impurezas provenientes de las soldaduras que contienen cinc y las tuberías galvanizadas y algunos accesorios metálicos de gasfitería pueden contaminar el agua de consumo humano.</p>	<p><b>RIESGO</b> Los niños de corta edad son especialmente vulnerables a los efectos tóxicos del plomo, que puede tener consecuencias graves y permanentes en su salud, afectando en particular al desarrollo del cerebro y del sistema nervioso.</p>



**CROMO****Cr**

Número Atómico: 24

El cromo es un elemento distribuido extensamente en la corteza terrestre. Puede presentar valencias de +2 a +6. Al parecer, los alimentos son en general la fuente principal de ingesta de cromo. El cromo (III) es un nutriente esencial.

**COBRE****Cu**

Número Atómico: 29

Es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo humano. Se utiliza para fabricar tuberías, válvulas y accesorios de gasfitería, así como en aleaciones y revestimientos. Las concentraciones de cobre en el agua de consumo humano varían y la fuente principal más frecuente es la corrosión interior de las tuberías de cobre

► Datos obtenidos de  
World Health Organization  
(WHO,2018)

### 1.3.2 Normativa de Salud Internacional (NI) y en Chile (NN): Agua Potable

El agua potable no debe contener elementos o sustancias químicas nocivas para la salud en concentraciones totales mayores que los que se indican a continuación:

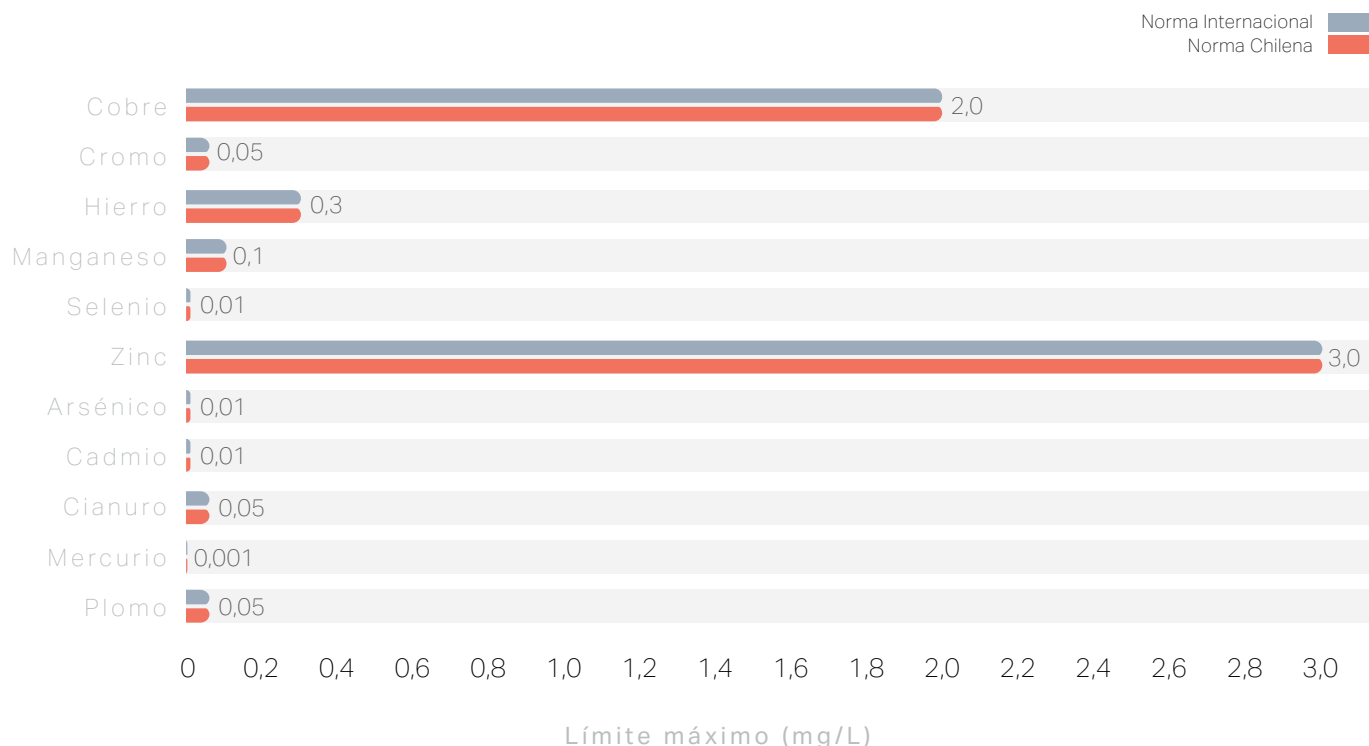


Gráfico 1:  
Norma Internacional (OMS, 2006)  
Norma Nacional (Norma Chilena 409/1, 2007)



Bahía de Quinteros,  
Fotografía de Fede Maiz, 2018



2.

---

## ZONA DE SACRIFICIO

---

El caso de Puchuncaví y Quintero,  
Contaminación de metales pesados

“

*“Los vecinos deben mirar este problema con ánimo patriótico y aceptar algunos sacrificios; de otra manera no se podría instalar la fundición en ninguna parte del país. Las naciones que se han industrializado han aceptado estos sacrificios. Es el precio del progreso. La lluvia es indispensable para la agricultura, pero cuando llueve algunos tienen que mojarse”.*

**El Mercurio de Valparaíso,  
17 de Julio, 1957**

## 2.1 Historia Bahía de Quintero

### 2.1.1 Inicios de los 60'

#### Contextualización

A inicio del siglo XX Chile se encontraba implementando los primeros pasos hacia la industrialización, enfocando sus recursos hacia el desarrollo económico que entonces se proyectaba como el más prometedor. En este contexto, el cobre se levanta como principal soporte en la superación económica.

Hacia 1950, se comienza a planificar la instalación de industrias de fundición y refinación en la zona de Puchuncaví. Para entonces, la población del balneario era relativamente escasa, pescadores artesanales y algunos agricultores habían logrado asentarse interviniendo el despoblado lugar (Inzunza, 1996). La construcción de la primera termoelectrica en el sector data de fines de la década de los 50', posteriormente en 1964 se instala la primera empresa de fundición y refinación de cobre ENAMI, hoy en día denominada Codelco.

El complejo industrial fue recibido con orgullo durante sus primeros años, en aquel tiempo los habitantes de la zona soñaban con una promesa de desarrollo económico y crecimiento laboral, sin comprender entonces la transformación radical que estas industrias traería para la salud, ecosistema y actividades productivas de la Bahía de Quintero (desde ahora la *Bahía*).



El Mercurio, 1964  
Recuperada de Documento CONAPACH, 2013

	1944	Creación de la comuna de Puchuncaví (Ley N° 7.866)
Se instala terminal <b>ENAP</b> en la Bahía	1954	
	1961	Inauguración del <b>Parque Industrial Ventanas</b>
Inauguración Fundación <b>ENAMI</b> Ventanas y la <b>Termoeléctrica</b> a carbón Ventanas Chilgener	1964	
	1965	Primer <b>Plan Regulador</b> Intercomunal (D.S. N°
Oficio Ministerio Agricultura a Fundación ENAMI por daños a agricultores	1968	
	1977	Aumento en la altura de la chimenea Fundación ENAMI como medida medio ambiental. Inauguración <b>Termoelectrica II</b> a carbón
Vecinos contactan a profesor Jaime Chiang. Elabora los primeros <b>estudios de contaminación por Arsénico</b> en la zona	1979	
	1981	Intalación filtro electroestático en Fundición, el cual funcionó durante un año
Primer estudio " <b>Determinación de metales pesados en sedimento atmosférico en Zona de Puchuncaví-Quintero</b> ", Jaime Chiang	1985	
	1990	Se conforma Comité de Defensa del Medio Ambiente Puchuncaví, participan empresas, ambientalistas y municipio
Gobierno y empresas presentan el <b>Programa Ambiental Ventanas</b> (PAV), proponen plan de descontaminación	1991	
	1992	Inicio de la elaboración del <b>Plan Descontaminación</b> e inauguración <b>Red de monitoreo</b>
Decretan <b>Zona Saturada de SO2 y MP10</b> al área circundante al PIV	1993	
	1994	Publican Ley Bases Grales del Medio Ambiente e ingresan nuevas empresas al PIV. Dictan norma de calidad para el As respirable, derogada cinco meses después
Comienza a operar el Sistema de Impacto Medioambiental en Chile	1997	
	1999	Aprobación Terminal de Asfalto e Hidrocarburos, <b>CORDEX</b>
Servicio Nacional de Salud <b>prohíbe la venta y cultivo de moluscos</b> a pescadores Ventanas, por alto nivel de Cd, As y Cu	2000	
	2003	Creación Consejo Ecológico de Puchuncaví
Presentan proyecto Rivotox de Oxiquim, vertedero de desechos industriales. La empresa lo retira por presión de la comunidad	2005	
	2006	Ingresa a evaluación ambiental el proyecto <b>Central Termoeléctrica</b> a carbón <b>Nueva Ventanas AES Gener</b> , el cual es aprobado
Evaluación ambiental del proyecto <b>Termoeléctrica</b> a carbón <b>Campiche</b> . Construida sin ser aprobada por la corte	2007	
	2009	Crean Organización Hombres Verdes. Conclave de comunidades afectadas por termoeléctricas a carbón
<b>Intoxicación</b> 40 alumnos <b>Escuela La Greda</b> . Se crea el Comité de Defensa La Greda	2011	
	2013	Promulgación Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso. Se crea la organización Dunas de Ritoque
Derrame de <b>38 000 Litro</b> de <b>petróleo</b> ENAP en Bahía de Quintero	2014	
	2015	Derrame de petróleo desde Terminal Marítimo ENAP. Se declara <b>zona saturada de MP25</b> y latente de MP10
Derrame de petróleo Bahía de Quintero ENAP. Se crea la Asociación Mujeres de Sacrificio en Resistencia.	2016	
	2017	<b>Plan de descontaminación</b> es enviado y <b>rechazado</b> por la contraloría General República por no ajustarse a derecho
<b>Crisis ambiental y sanitaria</b> en Quintero y Puchuncaví. Surge movimiento social nacional	2018	

## 2.1.2 El Cordón Industrial

### Contexto Geográfico

Las **comunas de Quintero y Puchuncaví** se

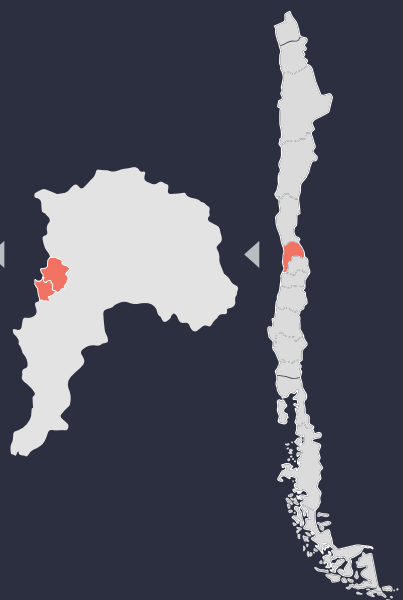
ubican geográficamente en la Región de Valparaíso, encontrándose al lado norte de la Provincia de Valparaíso, posee una superficie de 301 km<sup>2</sup> (Figura 3). Limita al norte con la comuna de Zapallar (provincia de Petorca), al sur con las comunas de Quillota (provincia de Quillota) y Quintero (provincia de Valparaíso), al este con las comunas de Nogales y La Cruz (provincia de Quillota) y al oeste con el Océano Pacífico.

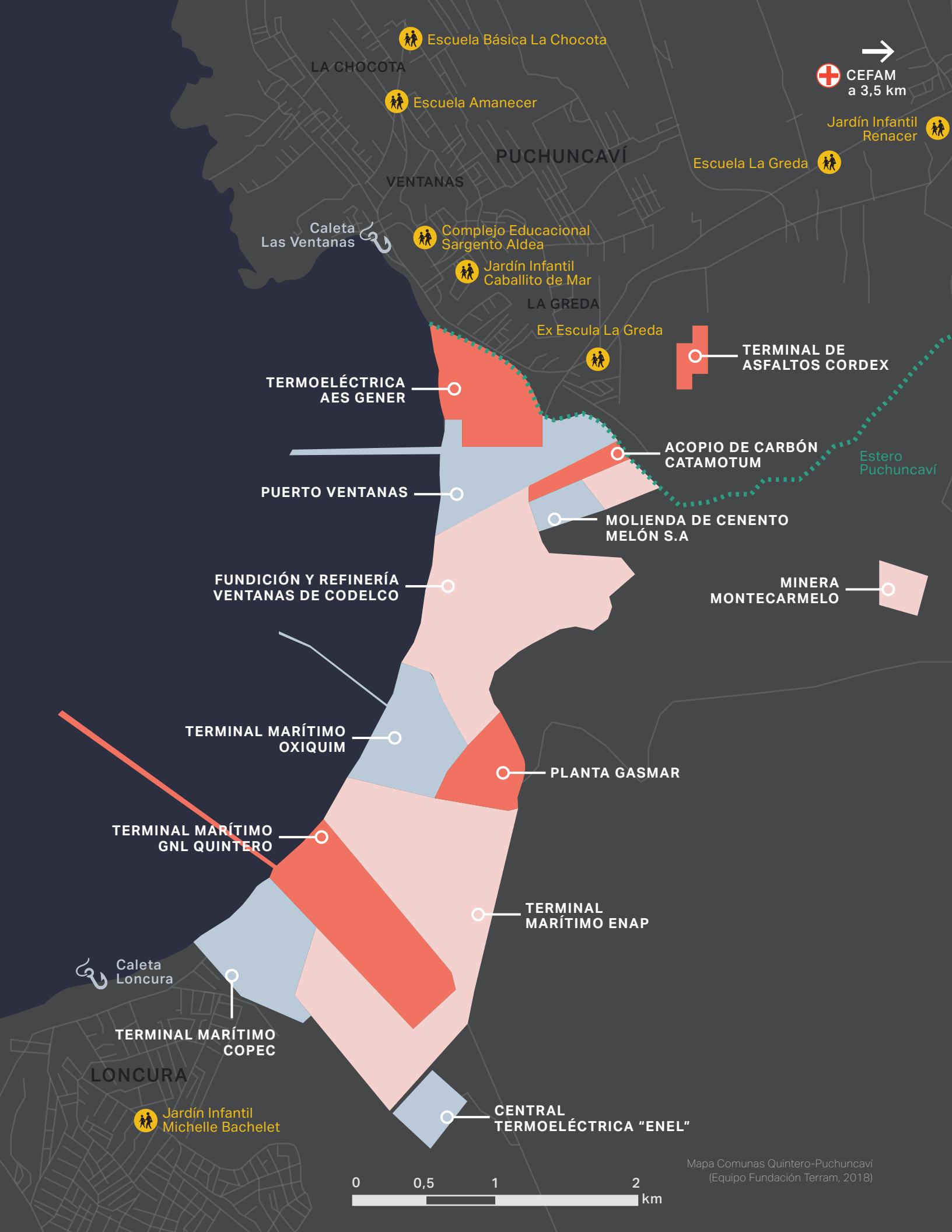
La Bahía se constituye como uno de los mayores centros productores de energía del país, conformado por catorce industrias en constante funcionamiento, en las que se incluyen cuatro termoeléctricas, refinerías de petróleo y cobre, puertos graneleros, entre otros. Existe una zona portuaria destinada a la carga y descarga de productos principalmente mineros y producción agro-industrial de pequeña y mediana escala que conviven con la biodiversidad y características climatológicas de la región.

En general, la comuna cuenta con 22 localidades, de cuales, 4 son urbanas y las restantes 18, rurales que la convierte en una zona altamente sensible a los impactos sociales, económicos y ambientales. (Guajardo M. & Chavarrí M., 2018)

- **AES GENER** es una central termoeléctrica que funciona en base a carbón y coque de petróleo. Tiene como función entregar energía eléctrica al Sistema Interconectado Central (SIC).
- **Codelco** es una fundición y refinería donde se procesan concentrados de cobre para producir ánodos y cátodos.
- El **terminal marítimo de Copec** almacena combustible líquido de la zona central.
- La empresa nacional de petróleo **ENAP** es una empresa estatal regulada por normas de derecho público con administración autónoma. Se desarrolla la producción, refinería y comercialización de petróleo.
- **GNL** trabaja con la recepción, descarga, almacenamiento y regasificación de Gas Natural Licuado (GNL).
- **Oxiquim**, mayor fabricante nacional de resinas a base de formaldehído para la fabricación de tableros reconstituidos de madera. Productor de productos químicos, farmacéuticos y cosméticos.
- **Puerto** granelero las **Ventanas S.A.**, especialista en manejo de graneles sólidos y líquidos (Guajardo M. & Chavarrí M., 2018)

Figura 3:  
Comunas de  
Puchuncaví &  
Quintero, V Región  
de Valparaíso, Chile.





Escuela Básica La Chocota

LA CHOCOTA

Escuela Amanecer

PUCHUNCAVÍ

VENTANAS

Caleta Las Ventanas

Complejo Educacional Sargento Aldea

Jardín Infantil Caballito de Mar

LA GREDA

Ex Escuela La Greda

CEFAM a 3,5 km

Jardín Infantil Renacer

Escuela La Greda

TERMOELÉCTRICA AES GENER

TERMINAL DE ASFALTOS CORDEX

PUERTO VENTANAS

ACOPIO DE CARBÓN CATAMOTUM

Estero Puchuncaví

FUNDICIÓN Y REFINERÍA VENTANAS DE CODELCO

MOLIENDA DE CEMENTO MELÓN S.A

MINERA MONTECARMELO

TERMINAL MARÍTIMO OXIQUM

PLANTA GASMAR

TERMINAL MARÍTIMO GNL QUINTERO

TERMINAL MARÍTIMO ENAP

Caleta Loncura

TERMINAL MARÍTIMO COPEC

LONCURA

Jardín Infantil Michelle Bachelet

CENTRAL TERMOELÉCTRICA "ENEL"

0 0,5 1 2 km

Mapa Comunas Quintero-Puchuncaví (Equipo Fundación Terram, 2018)

### 2.1.3 Residuos Contaminantes

Todas estas industrias, que están instaladas a metros de áreas residenciales en donde se localizan escuelas y hospitales, han contaminado progresivamente los suelos, las aguas y el aire de las comunas de Puchuncaví y Quintero, especialmente los sectores de Ventanas, La Greda, Los Maitenes, Loncura y Campiche, las que han recibido mayoritariamente los impactos de los diferentes procesos industriales que generan una alta emisión de contaminantes como anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), material particulado (MP10 y MP2,5), compuestos orgánicos volátiles (COV), metales pesados, entre otras sustancias nocivas para el ambiente y la salud de los habitantes de estas localidades (Equipo Fundación Terram, 2018).

Debido al tipo de sustancias contaminantes que estas industrias liberan podemos clasificar la contaminación en tres áreas: **el mar, el aire y los suelos**, en donde incluiremos todas las formas de **agua dulce** que están sobre el territorio terrestre o a nivel subterráneo como es el caso de las napas (esta clasificación es más apropiada ya que las industrias de la Bahía tienen estos tres niveles de contaminación).

#### Contaminación Ecosistema Marino

Altas concentraciones de metales pesados (Cobre, Arsénico, Cadmio, entre otros) en el mar y los recursos marinos (Gráfico 2), derrames de más de 38 mil litros de petróleo y varamientos de carbón. Se generan variaciones en el pH del agua del mar producto de los sistemas de tratamiento de azufre que contemplan la termoeléctrica Energía Minera, generando un daño aun mayor sobre el ecosistema marino ya dañado de la Bahía de Quintero.

*“Resulta que todas esas semillas, crecen un poco, llegan a ser como juvenil, por decirte algo, y después desaparece... ¿Qué pasó aquí?: Contaminación (...) Sacamos conclusiones con pescadores de Quintero, que visitamos mucho esa playa por tierra, y ellos aseguraban que el sector industrial que está colindante al río Aconcagua, ellos vertían muchos productos químicos y todos llegaban al mar.”*

(E.S., entrevista personal, 21 abril de 2018)

#### Concentración de metales pesados en Recursos Marinos, Las Ventanas

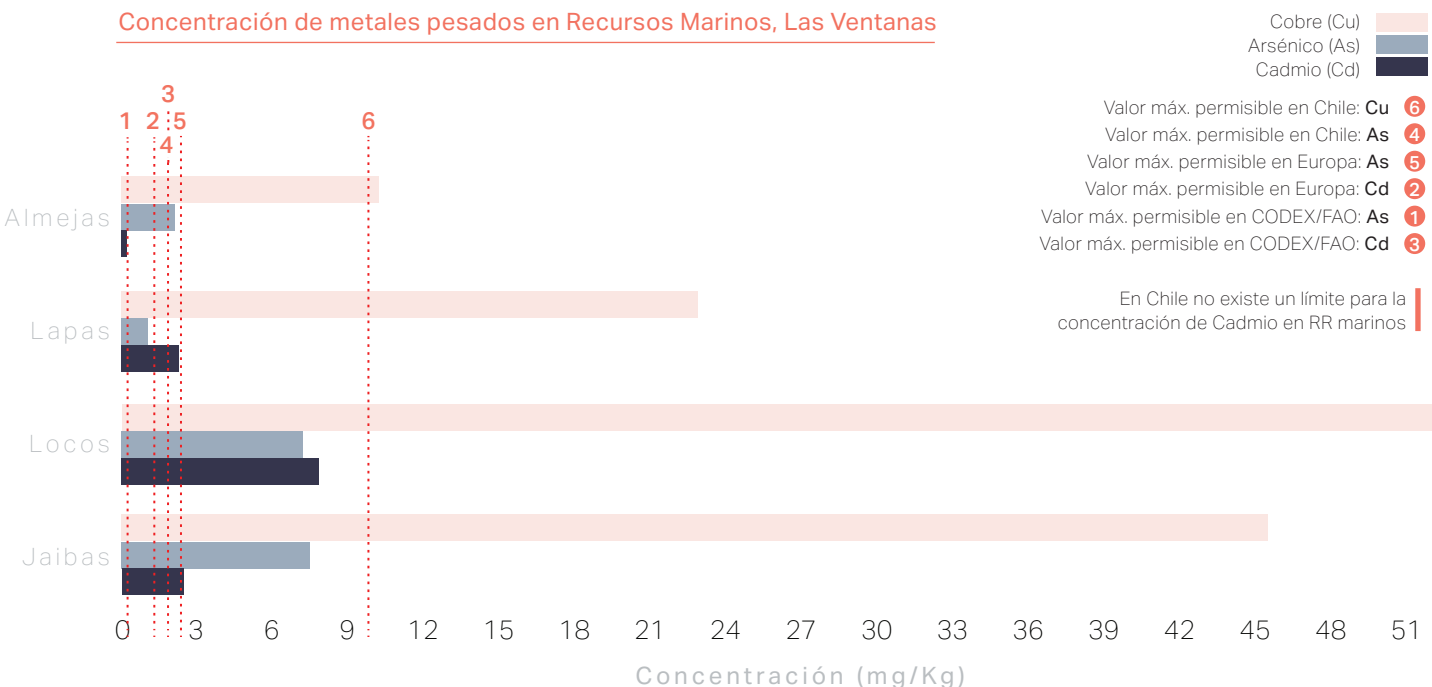


Gráfico 2: Concentración de metales pesados en recursos marinos de la Bahía (Fundación Oceana, 2015)



**Contaminación Atmosférica**

Presencia de Material particulado (Mp2,5 - Mp10 - Mp5), Metales, gases volátiles (So2, Btex) y polvos gruesos en la atmósfera. Algunos de los niveles identificados son: So2 exposición aguda, Btex exposición crónica con incidencia en la salud (mayor concentración en la zona de Concón), Mp2,5 nivel no preocupante (CENMA, 2012).

*"Era lo que uno veía físicamente en el entorno porque caía como una ceniza, como carboncillo, tu ni podías colgar la ropa porque se te manchaba con ese polvito."*

Andrea, Comunidad Ventanas (Quiroga, 2017)

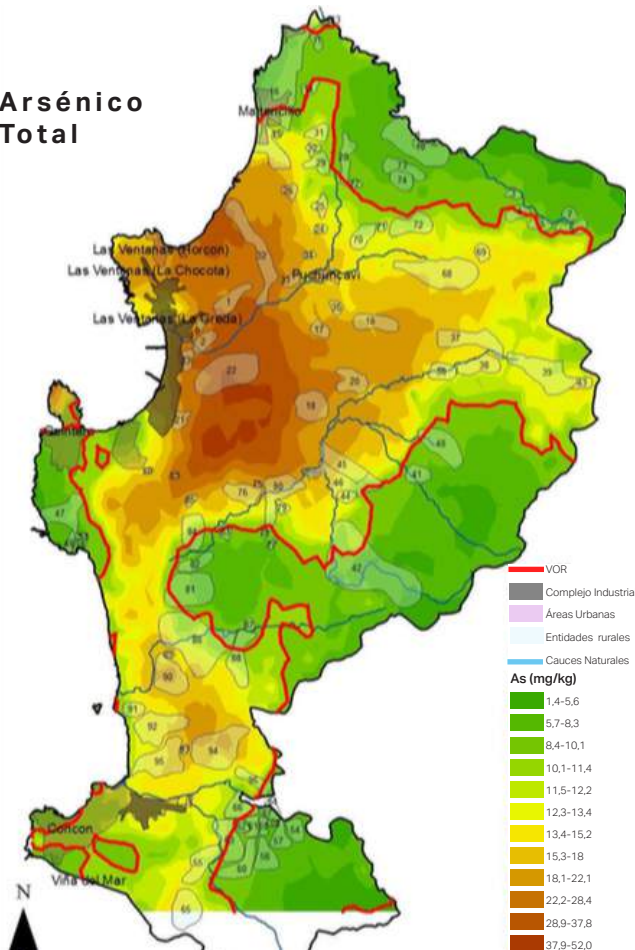
**Contaminación Suelo & Aguas**

Se identifican altas concentraciones de metales pesados a nivel de suelos, napas subterráneas y aguas superficiales. Algunos de los niveles identificados son: Arsénico en el sustrato superior en tres veces al nivel dictado por la norma, Plomo superior en dos veces, Zinc hacia el interior del Valle de Puchuncaví presente en una cantidad cuatro veces superior a la norma y el Ph alterado. Las tierras se encuentran degradadas en un cien por ciento por la acidificación del suelo y la concentración exagerada de metales, lo que trae como consecuencia la toxicidad de la flora y fauna (PUCV-UC, 2012).

*Alonso dice que "el sábado último nos reunimos acá para ver los resultados parciales. Los pozos de agua dulce donde tomamos muestras, los dos, tienen aluminio, arsénico y plomo. La recomendación es cerrarlos inmediatamente y ni siquiera usar el agua para regar ni lavar, ni la ropa, platos ni nada".*

Katta Alonso, Mujeres de Sacrificio (Minay, 2018)

**Arsénico Total**



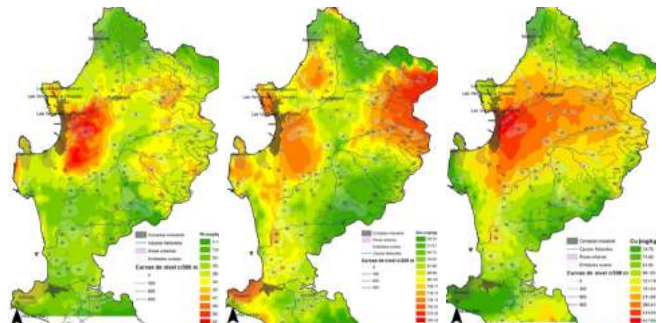
**Distribución de Metales en el suelo superficial**

► Cartografía obtenido de Informe de evaluación de riesgos para la salud de las personas y biota terrestre por la presencia de contaminantes, en el área de influencia industrial y energética de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví (PUCV-UC, 2012)

**Plomo**

**Zinc**

**Cobre**



### 2.1.4 Impacto en la Salud y el Medioambiente

La contaminación provocada por la presencia de estas industrias a nivel medioambiental ha impactado a la comuna de Puchuncaví durante más de cinco décadas, fenómeno que afecta a una multiplicidad de sectores dentro de esta región debido a las externalidades provocadas por las industrias y, homológamente, por la ausencia de movilización por parte de la comunidad. Según estudios de salud realizados por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (2012) la tasa de mortalidad por cáncer en la zona de Puchuncaví ha crecido considerablemente (Gráfico 3 y 4), además de una clara tendencia al aumento de enfermedades, intoxicaciones y egresos de hospitales por infartos al miocardio, fibrilación auricular, accidentes cerebro vasculares y neoplasia intra-cerebral.

### TASA MORTALIDAD POR CÁNCER

Tasa ajustada por 100.000 habitantes

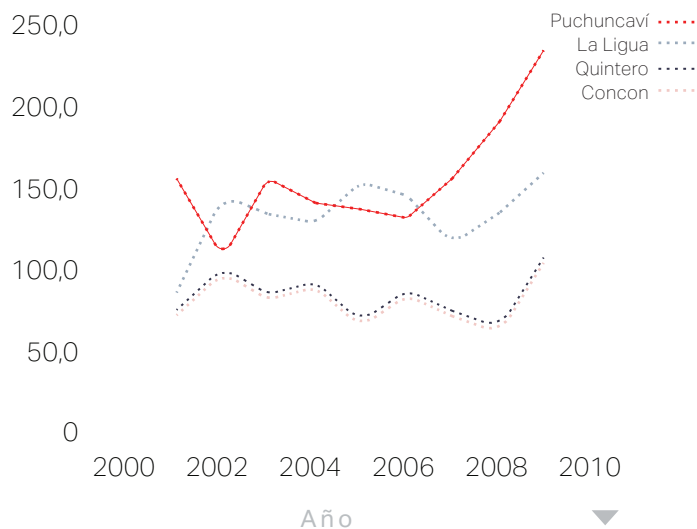


Gráfico 3: Tasa de Mortalidad por Cáncer, (PUCV-UC, 2012).

### INDICE DE MORTALIDAD DECENIO 2004-2013

Tasa ajustada por 100.000 habitantes

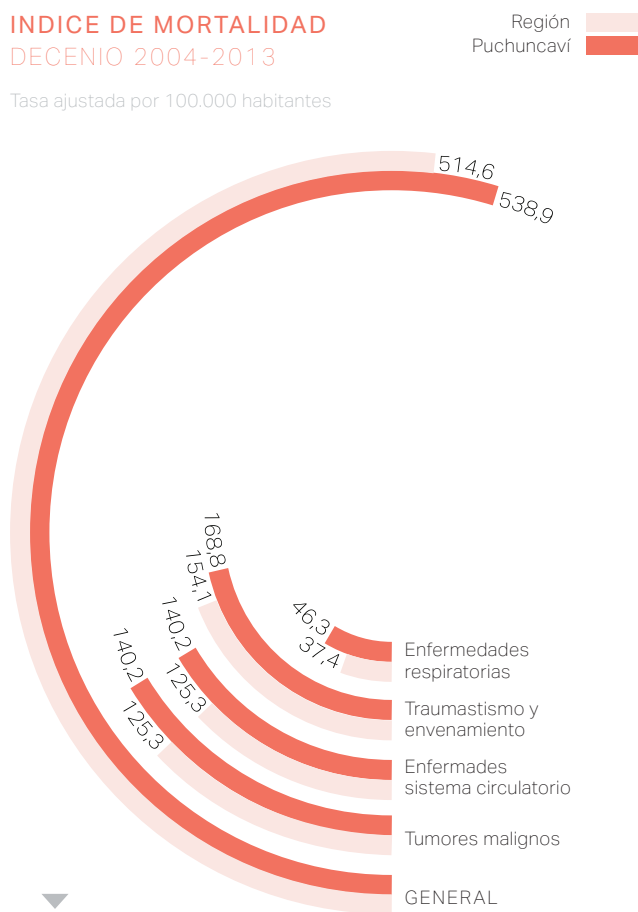
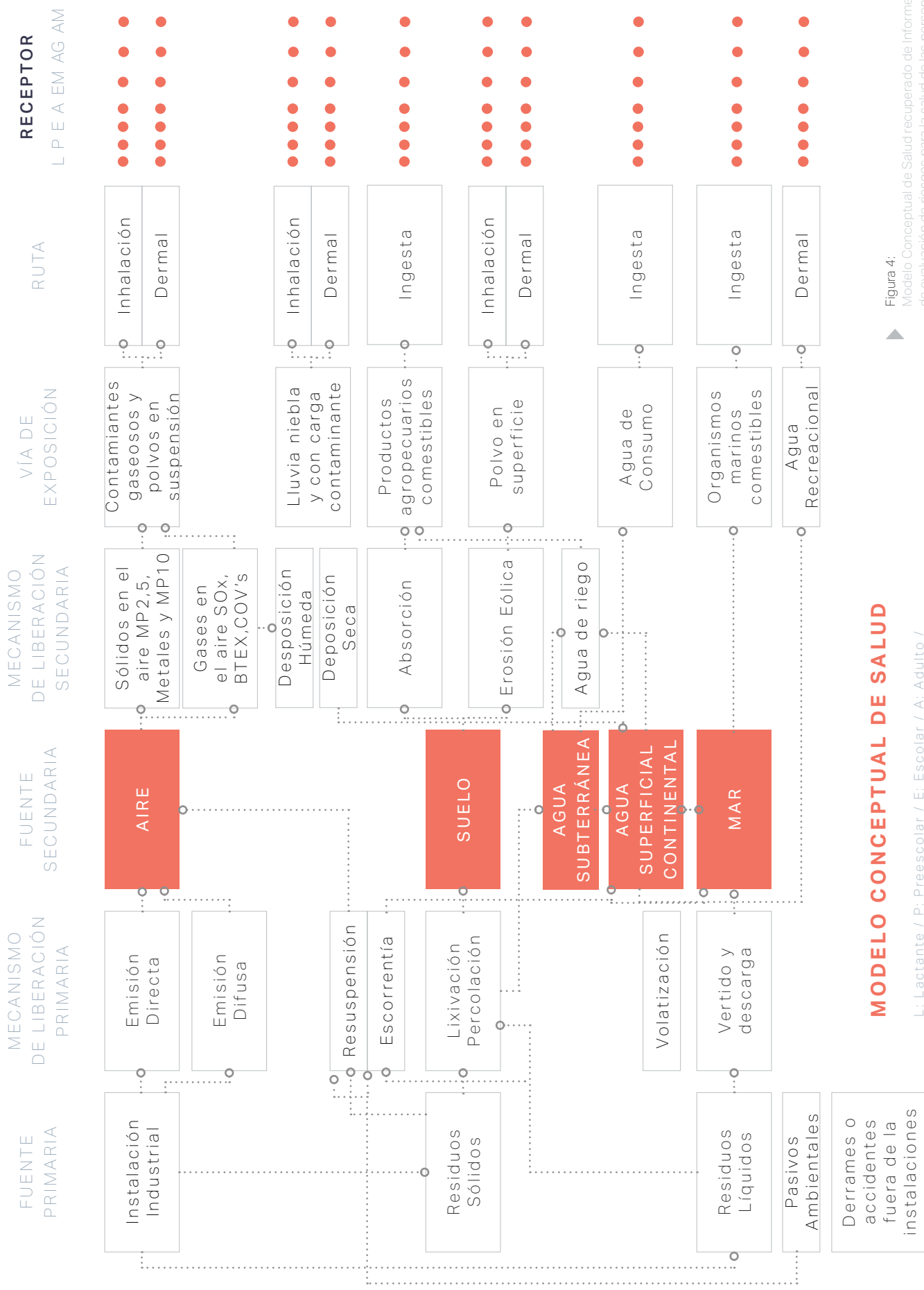


Gráfico 4: Diagnóstico regional de Salud, Seremí de Salud de Valparaíso (La Tercera, 2018).

A pesar de todos los estudios realizados para determinar los niveles de contaminación de la Bahía, son muy pocas las medidas que se han tomado a nivel de salud y de remediación del medioambiente. Sin ir más lejos, no existe un hospital en la zona capacitado para recibir al número de pacientes intoxicados que se ha presentado en este último tiempo, desde Agosto hasta la fecha.

*"Hay un colegio aquí el Chocota, entre Horcón y Ventanas, que no te imaginas la cantidad de niños con problemas de aprendizaje que hay."*  
(C.V., entrevista personal, 21 abril de 2018)

Los metales pesados constituyen una grave alarma para la salud de la población. Los habitantes de la zona han estado expuestos por más de 50 años a estas sustancias en niveles que superan la norma de salud nacional e internacional, un estudio de 2015 reportó la acumulación de metales pesados como: cobre, arsénico, mercurio, plomo, cadmio y hierro, los que sobrepasan en un 99% lo permitido por la norma canadiense (Resumen, 2018). La interacción de los metales se genera de manera invisible a través de la ingesta de productos provenientes del mar, agua de pozos de la zona, ingesta de productos agrícolas locales, contacto por la piel, entre otros.



## MODELO CONCEPTUAL DE SALUD

Figura 4:  
Modelo Conceptual de Salud recuperado de Informe de evaluación de riesgos para la salud de las personas y biota terrestre (PUCV-UC, 2012).

L: Lactante / P: Preescolar / E: Escolar / A: Adulto / EM: Empleado / AG: Agricultor / AM: Adulto Mayor

## 2.2 Lugar Entrópico

En el marco de esta tesis, distinguimos como lugar entrópico al contexto en el que se identifica un modelo de desarrollo extractivista (**sistema lineal**), cuyo principal factor de crecimiento está impulsado por la capitalización de la industria privada en una zona demarcada como lugar de sacrificio, como lo es la Bahía de Quinteros.

### 2.2.1 Entropía

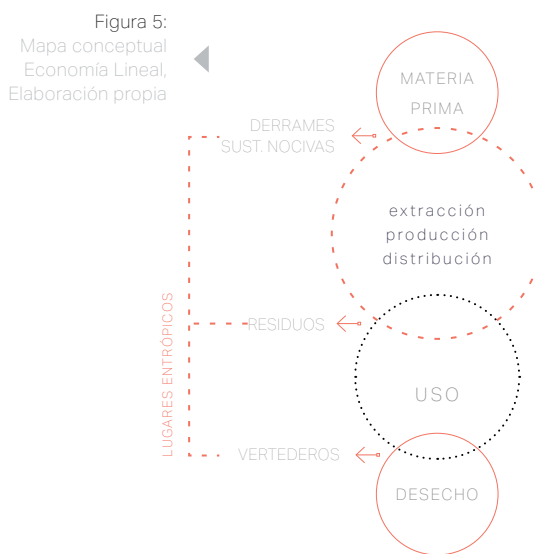
El concepto de factura entrópica fue acuñado por el economista estadounidense Jeremy Rifkin, para referirse al evidente agotamiento de recursos energéticos como consecuencia de una economía lineal de producción y consumo elevado. Derivado de la segunda ley de la termodinámica, la entropía es información expresada en un orden ilegible, lo que podría interpretarse desde la semántica como caos. En una de sus conferencias, Rifkin lo grafica de la siguiente manera:

Estamos en el ocaso de un gran régimen energético: carbón, petróleo, gas natural, uranio. Los atardeceres toman mucho tiempo. Vamos a estar en este periodo de crepúsculo durante las próximas décadas. Pero lo que se está volviendo claro es que las externalidades, los problemas resultantes del fin de esta era están abrumando los beneficios que estamos obteniendo de la energía. Estamos alcanzando el muro de la entropía (...) Estamos en el crepúsculo de una gran era de energía. Surge entonces una pregunta importante, ¿Qué es lo que hacemos? (Rifkin, 2009, p.19).

En este crepúsculo tenemos cuatro crisis: el cambio climático; el aumento de la inflación; el aumento de la deuda a medida que el precio del gas y el petróleo sigue creciendo en el mercado internacional; el aumento de la inestabilidad política por el auge global de la producción de petróleo.

Nos encontramos ante el problema de una contaminación arrastrada, proveniente de un crecimiento industrial centralizado generado durante la primera revolución industrial, y sostenido durante la segunda. "El intento de imponer diseños de soluciones universales en un

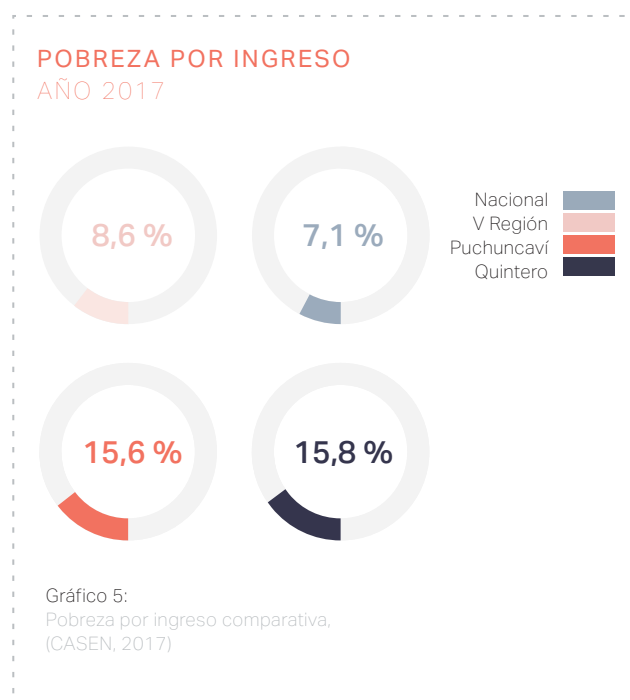
número infinito de condiciones locales y de clientes es una manifestación de este principio y de su asunción subyacente: que la naturaleza debe ser dominada" (McDonough & Braungart, 2003, p.27).



El mundo actual proviene de un **sistema de producción lineal**, en este contexto se torna necesaria la existencia de ciertos lugares entrópicos como flujos de salida en los que el desorden de la información se propaga e impacta de manera sustancial (Figura 5). Estos lugares se caracterizan por ser víctimas de una **estructura de dominación social**, cuya principal propiedad es el acaparamiento industrial en un sector rural donde las partes del sistema se ven reducidas a un sometimiento a nivel cognitivo (Auyero & Swiston, 2008).

## 2.2.2 Violencia Invisible

Otra característica básica de estos espacios es la idea de conflictos ambientales y comunitarios desarrollados de forma violenta en el largo plazo, fenómeno causado por externalidades negativas de contaminación en un espacio que carece de movilización, el cual parece contar con una suerte de pasividad adquirida por parte de la comunidad afectada.



*"Siempre pensábamos en eso, en tener una mejor calidad de vida, teníamos la proyección de esto, cuando tu haz visto eso, que se han sacado la porquería trabajando por una visión de esto y de repente te pasa esto otro y esta mucho más avanzado; entonces tu me preguntai quien responde por esto, el estado, el gobierno, nadie po."*

(C.V., entrevista personal, 21 abril de 2018)

## 2.2.3 Sociedad Vulnerable

El equipo de la Fundación Terram (2018) plantea que las Zonas de Sacrificio develan que el problema de la contaminación responde a **patrones de desigualdad social**, pues son las comunidades de menores ingresos las que deben soportar los efectos negativos del crecimiento económico de la sociedad en su conjunto. A su vez, este conflicto socio-ambiental nos permite ver las crudas consecuencias que trae para nuestra sociedad perpetuar un sistema basado, principalmente, en las relaciones económicas sobre por el cuidado y la protección de la naturaleza.

Hoy estamos ante una realidad de escasez, en la que no es posible acceder a los recursos de manera equitativa, es decir, existe un segmento significativo de la sociedad cuyas necesidades básicas existentes no han sido satisfechas.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) al año 2017, la población de Quintero es de 31.923 habitantes, la de Puchuncaví es de 18.546 habitantes y sus características socioeconómicas registran un nivel de pobreza por ingreso superior al nivel regional y nacional (Gráfico 5).

A esto, se le suma el hecho de que en contextos mayoritariamente rurales, como lo es la comuna de Puchuncaví, donde existe una baja alfabetización y altos niveles de pobreza (CASEN, 2016), las personas muchas veces no cuentan con los recursos económicos, educacionales o sociales, ni la motivación y hasta inquietud, individual o comunitaria por intentar organizarse, o visibilizar dicha experiencia de exposición a la contaminación en pos de un cambio en sus condiciones de vida. De esta manera, los habitantes de la zona se han convertido en actores política y socialmente invisibles, que cargan con los costos de esta promesa de "desarrollo"; mientras que los beneficios políticos y económicos que otorga el polo industrial, son exportados a otros lugares del país y vividos por otras personas (Robins, 2012).

## 2.3 El Diseño como Medida de Resiliencia

En un contexto en el que el debate en torno a la contaminación, la centralización y la escasez forman parte de una realidad que denota insatisfacción social y cultural, el diseño, como medida de resiliencia, pretende ser un intermediario capaz de transformar esta condición social entrópica hacia un escenario sostenible y empático.

### 2.3.1 Diseño Resiliente

El desarrollo sostenible es definido por la ONU como la satisfacción de necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras. Bajo esta lógica, debe existir un mecanismo que regule de manera autónoma este sistema, tal que las próximas generaciones sean capaces de **adaptarse o anteponerse de forma positiva ante los cambios** provocados para sobrevivir.

Según Friedman (1975), existe una ley-límite que determina la autorregulación de un sistema. Este se desarrolla de una manera determinada hasta que llega a su límite, y a partir de este momento comienza a comportarse de una manera distinta. La hipótesis de autorregulación de las organizaciones sociales puede ser concebida como uno de los factores más importantes de la selección natural; una sociedad que conserva su estructura y que al propio tiempo crece, resulta vulnerable a la primera crisis y se va destruyendo a un ritmo acelerado. Esta medida de adaptación es lo que se describe como resiliencia, cualidad ligada a tres modelos de comportamiento: componerse, protegerse y desafiarse.

Por ejemplo, específicamente en el **caso de la Caleta de Ventanas**, existieron dos grandes antecedentes que son identificados como medidas de resiliencia adoptadas por la comunidad de pescadores artesanales ante el fenómeno de la ausencia de recursos marinos. Según plantean Leiva & Ramírez (2015), en 1990 el Sindicato Pesquero de la Caleta de Ventanas da inicio a la siembra de cinco hectáreas de cultivo de alga gracilaria con el objetivo de dar alternativas laborales a los socios. Sin embargo, tres años más tarde esta iniciativa llega a su fin debido a la incapacidad que manifestaban los cultivos

para anclarse al fondo altamente infestado de metales pesados (situación que para entonces se desconocía). Esta fue una medida utilizada por la comunidad para lograr componerse ante la ausencia de recursos identificada. Frente a este acontecimiento, y como método para desafiar el ecosistema marino, se inicia en 1993 el cultivo piloto de moluscos sobre el sector donde antes se cultivaba gracilaria. En la faena trabajaba todo el sindicato, mujeres y familias de la comunidad, en búsqueda de una medida que les permitiera estimular el ecosistema dañado. Carlos Vega, presidente del Sindicato de Pescadores lo recuerda así:

"Trajimos ostras, semillas, dijimos, abajo nos fue mal pero arriba nos debería ir bien, como tan mala suerte. Si bien es cierto, nunca tuvimos acceso a la información, las empresas hacían informes pero nunca supimos la calidad del agua que había, no sabíamos pa' donde iba toda esa información, no había transparencia. Bueno y después, empezamos a vender, sembrábamos en invierno y vendíamos en verano, choritos, que se yo, sembrábamos nuestros cultivos. Teníamos ostiones y piures que se daban de forma natural, se pegaban en las líneas, estábamos todos contentos, ahora si por fin, por fin le achuntamos" (C.V, entrevista personal, 21 abril de 2018).

Sin embargo, el año 2000 el servicio de salud de Valparaíso efectuó un muestreo en ostras japonesas y choritos del cultivo, detectando presencia de cobre en otras por niveles sobre la norma, lo que prohíbe y pone término al cultivo de moluscos de Ventanas. Hoy, la comunidad busca proteger zonas del país que se vean amenazadas por la misma situación que ellos vivieron, como es el caso de Dominga en Punta de Choros, anteponiéndose a la destrucción de dicho ecosistema y manifestando un llamado de auxilio por denunciar los abusos y destrucciones que han sido ocultados por tantos años en el fondo de la bahía.



*“Entonces aparece el alto índice de contaminación que tenían las otras ostiones, todo estaba malo, 500 veces de cobre, las otras, era un margen. Lo más trágico de todo este tema es que nosotros éramos los responsables, la empresa nunca vino a preocuparse de eso, nunca nada, no quiso saber o hacer como que sabían”.*

**C.V, Entrevista Personal, 21 de Abril, 2018**

### 2.3.2 Tercera Revolución Industrial

Actualmente nos encontramos en un periodo de transición hacia la tercera revolución industrial antecedido por la primera y segunda revolución. Cuando nos situamos en la primera revolución, hablamos de la vida urbana a escala masiva y de manera vertical. En la segunda revolución, nos referimos a habitantes suburbanos, un poco más distribuidos. En la tercera vamos a repensar la forma de vida: Tu construyes donde tienes energía renovable óptima. Al ser distribuida, podemos distribuir aún más nuestros patrones de construcción y entorno vivo (Rifkin, 2009, p. 26).

Por lo tanto, esta transición se caracteriza por ejercer un modelo distributivo de los elementos disponibles generado por medio de la descentralización, es decir, **accedemos a los recursos que se encuentran en nuestro entorno**, obtenemos la energía de manera local ya que esta se encuentra distribuida en todas partes. Sin ir más lejos, eliminamos la estructura top down en la que grandes compañías privadas monopolizan los recursos estructurándolos de manera vertical; y la sustituimos por una bottom-up, es decir, un modelo distribuido en el que la suma de todos los individuos presentes en el mismo nivel genera un gran sistema.

Homólogamente, este periodo busca anteponerse ante la grave ausencia de recursos que hoy enfrenta. Ciertamente, durante la primera y segunda revolución, se implementó un modelo conocido como geopolítica, cuyo fin era la extracción de los recursos y energías de la tierra. No obstante, Rifkin (2009) propone la política de la biosfera, es decir, “comprender que vivimos en un sistema de seres vivos interdependientes y de conexiones, de manera tal que nuestro actuar debe ser empático con los recursos de la tierra”(p. 29). Este periodo de transición se caracteriza por ejercer este modelo, en el que medio ambiente y el hombre se relacionan de manera recíproca.

A medida que la civilización se desarrolla y la visión de una nueva era se aproxima, la tecnología y escala de comunicaciones han conseguido forjar una red de conexiones cada vez mayor, en el que la autonomía social como herramienta dentro de un mundo conectado se hace cada vez más posible.

CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO  
ECONOMÍA CIRCULAR

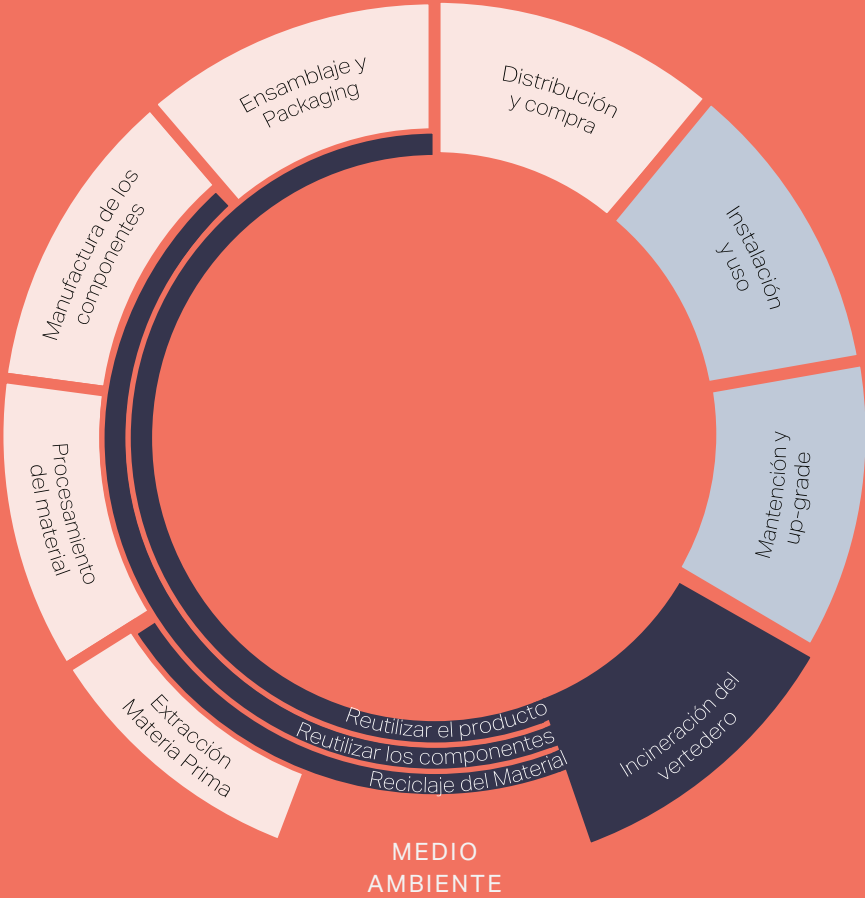


Figura 6:  
Fases del ciclo de  
vida del producto,  
(OKALA,



## 2.4 Civilización Empática

### 2.4.1 Utopía Realizable

El arquitecto francés Yona Friedman (1975), establece el concepto de una utopía realizable cuya identidad esta condicionada por la existencia de tres elementos codependientes. En primer lugar, ha de generarse una **insatisfacción** como resultado de un problema social, segundo, debe existir un **medio** que resuelva este conflicto, y tercero, hay un **consenso colectivo** que permite solucionar esta problemática a través de la técnica planteada. Por lo tanto, lo que diferencia a una utopía realizable de una intelectual es su capacidad para transformarse en un proyecto. La construcción de una utopía realizable queda sujeta a la indentificación de la insatisfacción en el contexto de lugares entrópicos en los que el diseño pretende actuar como medida de resiliencia hacia una civilización empática viable gracias al consenso colectivo.

### 2.4.2 Consenso Colectivo

Establecer una utopía realizable de políticas distributivas y desarrollo sostenible como parte de un proceso de transición, hacia una nueva revolución industrial, debe pensar la visión de una sociedad colaborativa y consciente, capaz de generar un cambio funcional a nivel de sistema social y organizacional, de lo contrario, las ideas no llegan a término y se traducen únicamente como utopías. Como tercer punto, Friedman (1975) plantea que una utopía no puede llegar a ser realizable si no consigue un consentimiento colectivo. En función de esto último, la colectividad debe surgir a partir de un pensamiento masivo ejecutado de manera particular, vale decir, pensar de manera global y actuar local. De esta manera se genera una inteligencia global capaz de contener y administrar información que es utilizada a nivel local por cada persona, produciendo soluciones y nuevas inteligencias de manera autónoma. Autores como Chris Anderson (2012), plantean la aparición de un nuevo modelo de producción a escala individual, The Makers Movement, cuya gran oportunidad radica en la habilidad de ser ambos: pequeño y global al mismo tiempo; artesanal e innovador; alta tecnología y bajo costo; comenzar pequeño y convertirse en grande.

Es importante entender el concepto de colectividad como parte de un sistema en el que humanos y su entorno conviven de manera conectada. Jeremy Rifkin (2009) formula esta teoría entorno al concepto de Civilización Empática, entendiendo a ésta como "un espacio donde podemos imaginarnos a nosotros mismos e imaginar a los demás, como si sus proyectos fueran propios" (p. 17). La empatía forma parte de nuestro sistema biológico, nosotros mismos somos la esperanza ante la entropía, siempre y cuando logremos comprender el sistema en el que habitamos como un mundo de relaciones entre seres vivos y entorno. Norbet Weiner (1948) plantea que las personas somos la información necesaria para la construcción de la sociedad, lo que disminuye cualquier condición de entropía que pudiera manifestarse.

### 2.4.3 Economía Circular

Bajo este pensamiento de empatía, en el caso entrópico de Caleta Ventanas surge un antecedente que analiza y examina la contaminación del ecosistema marino desde una propuesta de biorremediación que pretende dar una solución sustentable desde la naturaleza. En 2015, se desarrolló **FIC – Algas**, proyecto realizado por la Universidad Andrés Bello, respaldado por el gobierno regional de la región de Valparaíso, cuyo objetivo consistía en dilucidar el potencial productivo y de bioacumulación del alga parda *Macrocystis pyrifera* -más conocida como huiro canutillo- en la zona de Quintero y Puchuncaví para evaluar su potencial uso en la biorremediación de metales pesados y compuestos orgánicos; y realizar un análisis para determinar los impactos en los recursos hidrobiológicos y en los ecosistemas marinos presentes en el área de influencia del derrame de hidrocarburos en la bahía de Quintero (FIC Algas, 2015). Si bien, este es un programa reciente, se ha visto limitado en su desarrollo debido a que no se ha podido encontrar un objetivo rentable para el alga contaminada una vez que esta ha sido cosechada. Hoy el proyecto busca proyectarse bajo una estructura que se incerte en el desarrollo de una economía circular (Figura 6), evitando quedarse en el modelo lineal que hoy ha adoptado.



Zona Las Ventanas Bajo.  
Fotografía de registro personal



3.

---

**ESTUDIO  
DEL LUGAR  
ENTRÓPICO**

---

Mecanismos de Acción:  
Detección, Prevención y Reparación

## 3.1 Caso de Estudio: Comunas de Puchuncaví y Quintero

### 3.1.1 Lugares Entrópicos en Chile

El conflicto medioambiental de la Bahía de Quinteros puede comprenderse como la manifestación de la contaminación en tres áreas: contaminación atmosférica, contaminación del ecosistema marino y la contaminación del suelo y aguas. Esta situación se repite en todo el mundo, en el **contexto nacional**, podemos identificar muchos lugares entrópicos y episodios como el problema de contaminación atmosférica en Los Ángeles, Basural existente en TITil (Región Metropolitana) y en la Antártica, el proyecto Minero Dominga que ha generado protestas a nivel nacional en Punta de Choros, la declaración de Zona Saturada en el Lago Villarica (XI región), las industrial salmoneras Chiloe, entre muchos otros.

Si bien es cierto, el riesgo que existe en todos estos territorios es alto, la situación que acontece en la **Bahía de Quintero** experimenta un nivel de contaminación que se ha prolongado y acumulado por más de 50 años, haciendo de este conflicto uno de los más alarmantes a nivel nacional.

Durante el desarrollo de la tesis, se realizó un trabajo de observación y análisis de la situación en la que hoy viven los habitantes en la zona de Puchuncaví, centrando el análisis en la comunidad de **Las Ventanas**, lugar entrópico de nuestro país en el que se encuentran construido el cordón industrial ya mencionado.

### 3.1.2 Patrones de Comportamiento

#### CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

- Picazón de garganta
- Al colgar la ropa ésta se tiñe con un tinte negro, oscuro
- Dificultades respiratorias
- Se observan cambios en animales, el agua de mar, las playas, tierra y plantas
- Lluvia de cenizas visible conocida como "Pluma"



*"Una vez hubo un episodio aquí, que cayó en la noche, no sé si fue... hace como dos años. Me acuerdo que fue, que nosotros **teníamos todo el día dolor de cabeza**, pero no lo asociábamos a eso. Y de repente en la noche, tu sales, y mi sobrino que es meteorólogo, dijo, 'no, aquí algo está pasando'. Aquí está cayendo, porque él trabajó en Gener. Lo que pasa es que este sector está como a la altura de la chimenea entonces la nube pasa por acá. Claro, y el dolor de cabeza, en la noche dijimos aquí está cayendo algo, no sé si sulfuro, ácido."*

Carmela, Vecina Barrio La Greda

### 3.1.3 Interacciones Críticas



#### PERDIDA PERTENENCIA

Migración de la generación que sigue a los primeros sujetos afectados, por el cambio en la actividad económica, pérdida cultural de la zona. sentimiento de pertenencia - por necesidad)

#### FITOTOXICIDAD

Plantas y ecosistema como indicadores de contaminación

Imágenes:

1. Chimenea Central Termoeléctrica (Contaminación Atmosférica),

Recuperado de <https://www.elquintopoder.cl>

2. Playa Las Ventanas (Contaminación Industrial)

Recuperado de <http://www.chilesustentable.net>

3. Plantas de Puchuncaví (Contaminación Suelo)

Recuperado de Quiroga, 2017

4. Estanque de agua (Contaminación Agua)

Registro personal

## CONTAMINACIÓN ECOSISTEMA MARINO

- Cambio en la arena de la costa (se tornó negra producto del carbón).
- Ingesta de mariscos contaminados
- Planteamiento constante de posibilidades para generar actividades que entreguen ingresos a los habitantes de la zona
- Arraigo al mar
- Comportamiento del mar ignorado por los nuevos fenómenos



*"La arena no siempre era negra, con el tiempo se fue volviendo así negra. ¿Qué fue pasando en el tiempo?, que cuando se construye la primera termoeléctrica era muy poco el flujo de carbón que ocupaba, o quizás uno no era capaz de recordar... De forma natural las corrientes del mar absorbían y uno se olvidaba, ¡Se iba para al fondo! Salía pa' afuera con las corrientes y eso no influía muy directamente aquí en la playa. Pero ya cuando hubieron cuatro y con las capacidades que tenían, ya después, obviamente que fue pasando, si lo multiplicábamos por cuatro y con las capacidades que tenían... Antes llegaba un barco chico como unas gabarras que traían carbón, ¡Hoy en día ese barco es gigante po!"*

J.M. Buzo Escafandra, Entrevista personal, 21 de Abril 2018

## CONTAMINACIÓN SUELO Y AGUAS

- Cambio en la calidad de la tierra para los cultivos
- Sal de las salineras negra
- Cambio en la actividad económica de la región (perdida agricultura)
- Alianza humano - planta
- Ignorancia hacia la contaminación de pozos, conocimiento tardío



*"Empezaron a destruirse las plantaciones solas po'... cafés, las hojas cafés, no verdes. Entonces, aquí se vivía de eso."*

Lucas, Comunidad Las Ventanas, (Quiroga, 2017)

*"El sábado último nos reunimos acá para ver los resultados parciales. Los pozos de agua dulce donde tomamos muestras, los dos, tienen **aluminio, arsénico y plomo**. La recomendación es cerrarlos inmediatamente y ni siquiera usar el agua para regar ni lavar, ni la ropa, platos ni nada".*

Katta Alonso, Mujeres de Sacrificio, (Minay, 2018)

## ZONA NEGRA

Reputación adquirida de zona negra.

## CORPORALIZACIÓN

Corporalización de la contaminación, el cuerpo como expresión de contaminación. Desarrollo de un conocimiento desde la experiencia.

## RESISTENCIA CONTENIDA

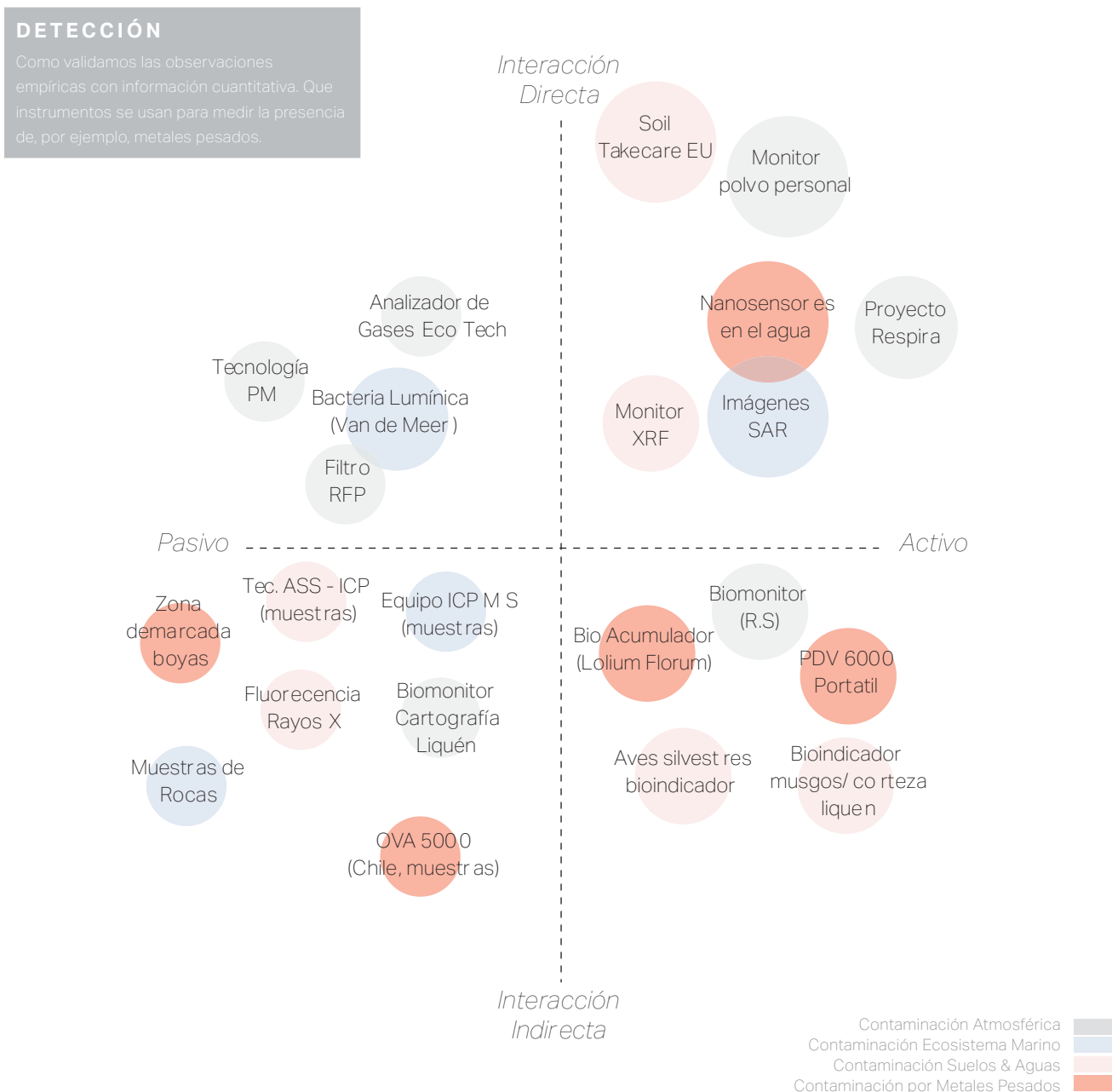
Persistencia moral y resistencia contenida por parte de la comunidad (contradicción frustrante).

## ALIANZA HUMANO-PLANTA

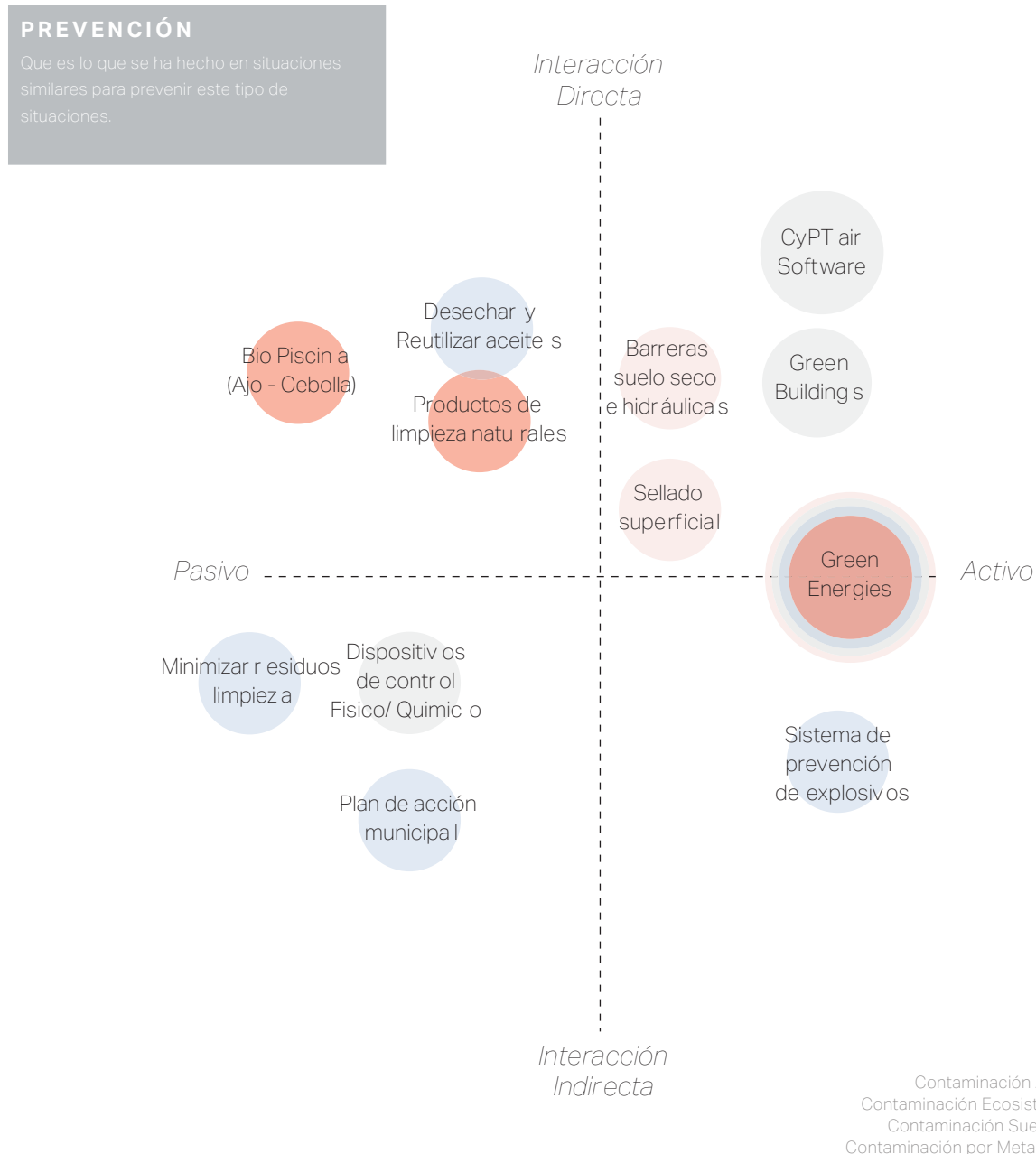
Protección y cuidado del cuerpo ajeno (humano-humano / humano-planta).

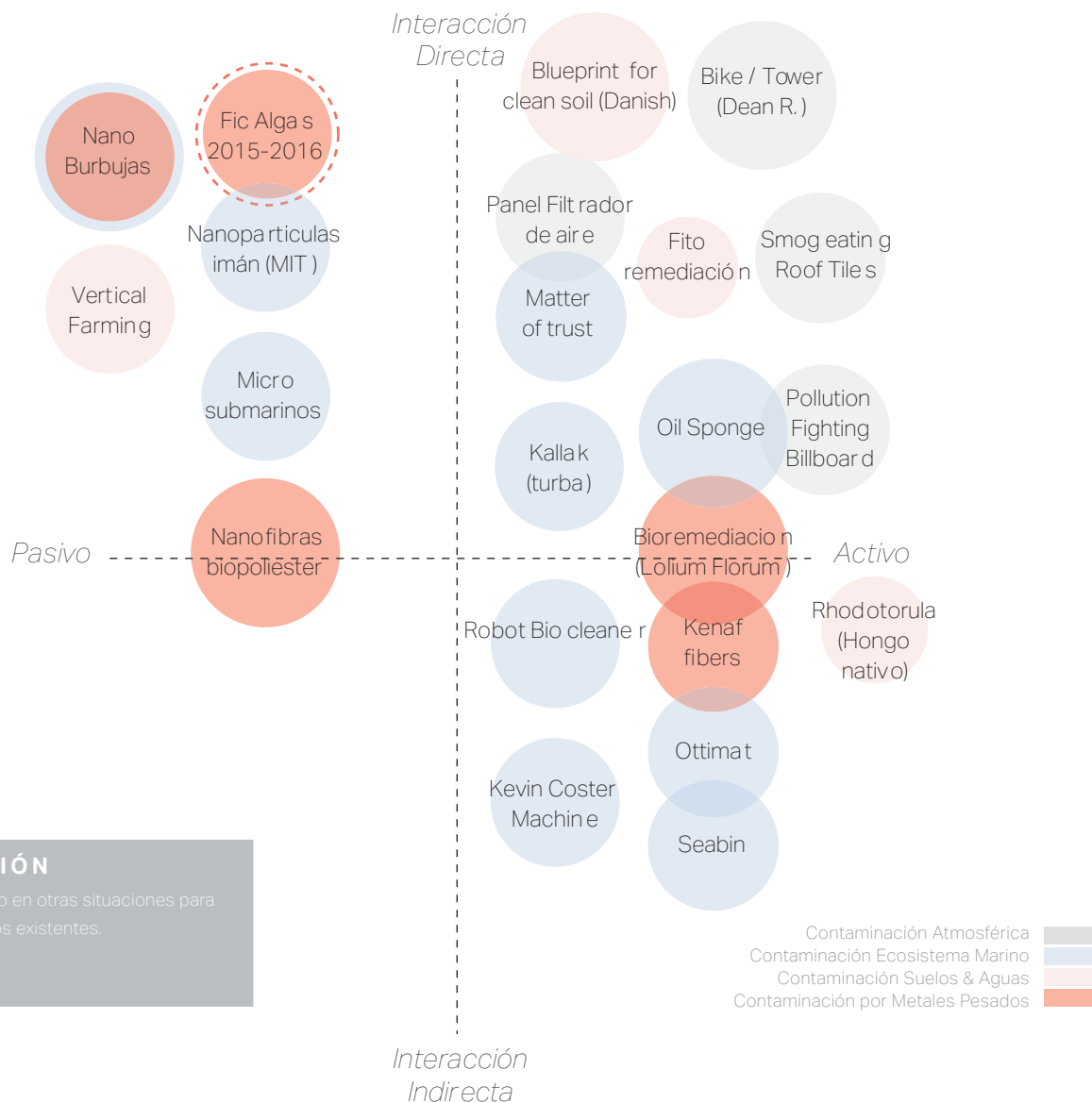
### 3.1.4 Mecanismos de Acción

A partir de los patrones de comportamiento e interacciones identificadas se investigaron mecanismo de acción aplicados en las etapas de **detección, prevención y reparación** en otros contextos de contaminación similares y antecedentes de la zona de Puchuncaví y Quintero. Estas tecnologías se ordenaron en un mapa de posicionamiento con el objetivo de lograr una visualización espacial de los elementos existentes entorno a esta problemática.



La ubicación de cada estado del arte considera dos variables: la interacción generada según el **nivel de acceso** (Y) y su **grado de implementación en la actualidad** (X). Estos tres puntos deben ser conducentes a buscar un estado del arte junto con antecedentes que nos permitan verificar como se ha resuelto el problema en otras circunstancias. Con el objetivo de clarificar las oportunidades de diseño.





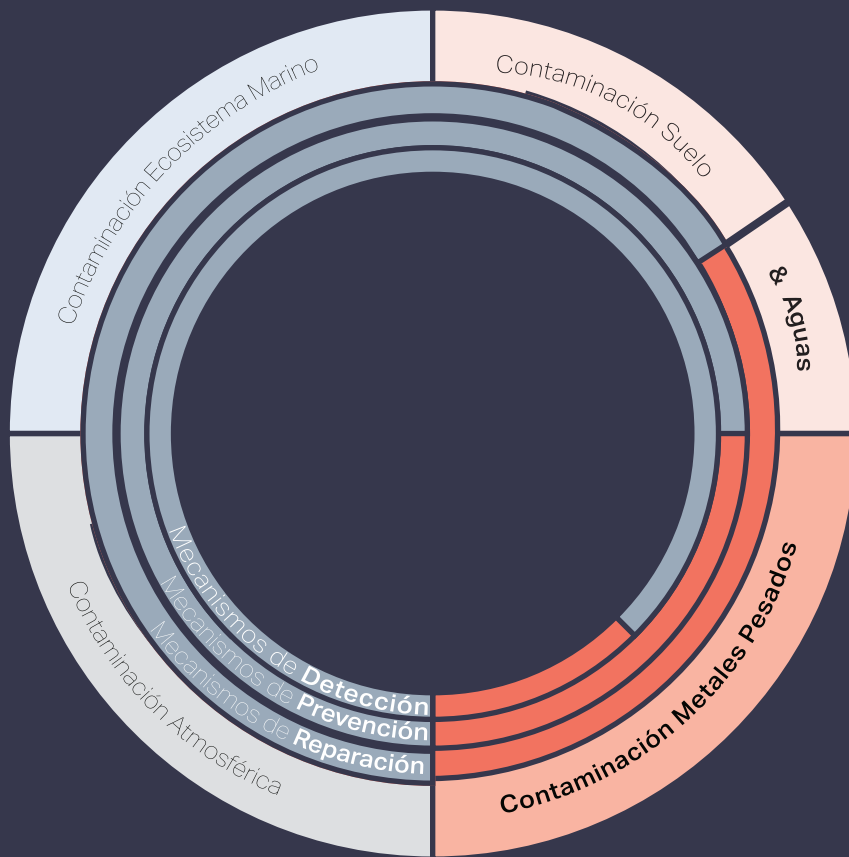
### 3.1.5 Conclusión

Desde el estudio realizado, podemos comprender que hay una evidente **dificultad para acceder a las tecnologías** que hoy existen, esto se debe a que muchas de estas son ajenas al contexto en el que se presenta la crisis medio ambiental, por lo que se hace necesaria un desarrollo de nuevas tecnologías que comprenda la realidad local involucrando a los participantes del entorno y entregándoles responsabilidad para con esta tecnología.

Particularmente, en el caso de los **metales pesados**, se percibe un vacío en la reparación de los ecosistemas contaminados por estas sustancias. A pesar, de que se ha declarado un alto nivel de contaminación generado por la presencia de estos en la zona de Quintero, Puchuncaví, Las Ventanas y sus alrededores.

Finalmente, reuniremos los resultados obtenidos en el ámbito del **agua de consumo** de la población, espacio en el hoy que no hay mecanismos de remediación y que conforma una de las necesidades más básicas que existe para el hombre en su día a día (Figura 7).





Mecanismos Eficientes ■  
 Mecanismos Deficientes ■  
 o ausencia de estos

Figura 7:  
 Ausencia de Tecnologías  
 eficientes para la contaminación  
 de **metales pesados en agua**



Huro Canutillo, *Macrocyctis Pyrifera*,  
Fotografía de Somira Sao, 2015  
Recuperado de [www.anasaziracing.blogspot.com](http://www.anasaziracing.blogspot.com)



4.

---

**AGUA &  
METALES  
PESADOS**

---

Crisis social y sanitaria

“

*“Erradicar la pobreza está en el corazón de la Agenda 2030, y también lo está el compromiso de no dejar a nadie atrás”, dijo el Administrador del PNUD.*

**Achum Steiner,  
Programa de las Naciones  
Unidas para el Desarrollo,  
2018**

Figura 8:  
ODS 2018  
(PNUD, 2018)

## 4.1 Agua Insalubre

### 4.1.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad (PNUD, 2018).

En total se plantean **17 objetivos** interrelacionados entre sí, los cuales buscan mejorar la calidad de vida de manera sostenible, es decir, satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de futuras generaciones (Figura 8).



En el escenario de la **zona de Puchuncaví y Quintero** encontramos la necesidad de impulsar estos objetivos para combatir la realidad que hoy

devasta a esta localidad. Particularmente, en el caso del agua de consumo y de mar, existen tres objetivos que buscan hacer frente a esta necesidad de forma directa:

- ODS 3, **Salud y Bienestar**, es decir, garantizar una vida sana y promover el bienestar para todas las edades.
- ODS 6, **Agua Limpia y Saneamiento**, que pretende garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, y el saneamiento para todos.
- ODS 14, **Vida Submarina**, busca el uso sustentable y conservación del océanos y sus recursos (PNUD, 2018).

### 4.1.2 Agua Contaminada

La gestión responsable de los recursos híbridos e industriales es fundamental para poseer fuentes de agua limpias de contaminación. Por el contrario, la falta de regulación de estos recursos genera problemas de sanidad que terminan teniendo graves consecuencias para la salud del hombre y el medioambiente.

Se ha registrado que uno de los problemas más críticos en este ámbito es el de la contaminación de aguas subterráneas con **arsénico, cromo, cadmio y otros metales pesados**. Estos afectan a millones de personas en el mundo, generando enfermedades severas como cáncer de piel, de pulmón y cáncer de vejiga, entre otras amenazas graves para la salud pública (Sridhar, Sang-Heon, Won-Jong, & Il-Kwon, 2013).

Particularmente, la contaminación generalizada de arsénico a llevado a una epidemia masiva de envenenamiento por arsénico en Asia y América, especialmente en India, Bangladesh, Vietnam, Cambodia, Tailandia, suroeste de USA, Canadá, **Chile** y países vecinos (Sridhar, Sang-Heon, Won-Jong, & Il-Kwon, 2013).

En este sentido, la **extracción de metales pesados** de aguas subterráneas se ha convertido, según Sweta, et al. (2018) en un tema muy inspirador y desafiante para los investigadores desde las últimas décadas. La tecnología de **adsorción** es una técnica bien aceptada para la extracción efectiva de estos metales del agua debido a sus ventajas únicas.

En el contexto de la **Bahía de Quintero**, los episodios de contaminación de aguas por metales pesados son muchos. Uno de los más icónicos es el suceso ocurrido el año 2000, cuando se detectó presencia de **metales pesados por sobre la norma en moluscos de la zona** (Ver Gráfico 2, página 22), lo que llevó al Servicio Nacional de Salud a prohibir el cultivo de mariscos en la zona, esto trajo como consecuencia un total de 67 desempleos y más de 1.350 millones de pesos en pérdidas.

### 4.1.3 Escases de Agua Limpia

El acceso a agua limpia es un derecho humano, sin embargo, en el contexto global miles de millones de personas se enfrentan a diario a la escases de este recurso. La dificultad para acceder al agua tiene diversas causas, desde contaminación por restos fecales, ausencia de sistema de saneamiento básico, hasta **contaminación de residuos tóxicos**.

En cifras:

La escasez de agua afecta a más del **40 %** de la población mundial, y se prevé que esta cifra aumente

El **80 %** de las aguas residuales provenientes de actividades humanas se vierte a los cursos de agua sin eliminar la contaminación

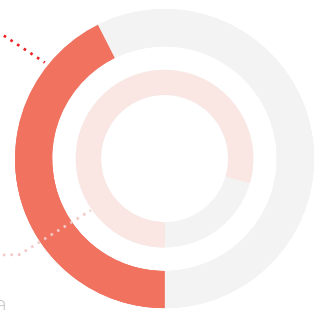


Gráfico 6:  
Escasez y  
contaminación de  
agua, (PNUD, 2018)

### 2.6 mil millones

de personas han tenido acceso a fuentes mejoradas de agua potable desde 1990. Pero **663 millones** todavía no tienen acceso.

Fuente:  
Agua Limpia y Saneamiento,  
(PNUD, 2018)

## 4.2 Agua de Consumo

### 4.2.1 Agua de Pozos en Puchuncaví-Quintero

En la Bahía de Quintero, hay una escasa parte de la población que tiene acceso a agua potable, muchos de los vecinos de la zona cuentan con agua de pozo, otros no tienen acceso a redes de agua y deben contratar los servicios de camiones que traen agua cada 15 días. Además, para la mayoría no existe un sistema de alcantarillado. Particularmente, en la zona de Ventanas, sólo la parte de Ventanas Alto esta conectada a agua potable, los habitantes de Ventanas Bajo cuentan con pozos altamente contaminados (Ver gráfico 7) y otro sistemas de agua.

El problema, es que muchos de los habitantes han estado expuestos a la contaminación sin ser conscientes de ello. La ingesta de agua que proviene de napas subterráneas altamente contaminada de sustancias liberadas por las industrias es un conflicto que ha comenzado a hacerse visible hace pocos años, Katta Alonso, miembro de la agrupación Mujeres de Sacrificio de la zona, dice que la enésima alerta fue hace poco.

Reporte de Contaminación de Agua de Pozos, Ventanas 2018

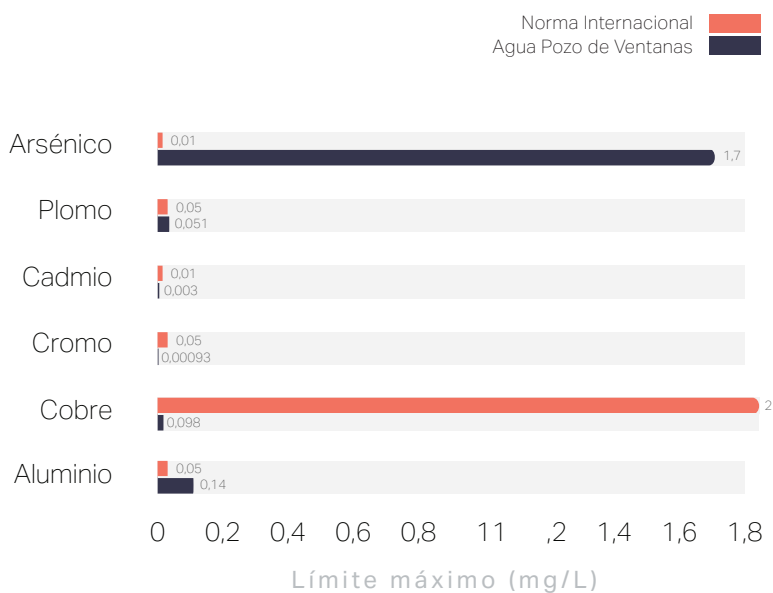


Gráfico 7: Reporte agua de pozo contaminada Ventanas, Puchuncaví, (Waterkeeper, 2018)



“Teníamos sospechas a raíz de que nuestro fotógrafo, amigo nuestro de chica también, se nos murió en dos meses de un cáncer fulminante. Él tenía agua de pozo; los que vivimos en la parte de arriba de Ventanas formamos una cooperativa y tenemos agua nos trae Esva, pero la pagamos. Ventanas, abajo, no tiene agua potable, es toda de pozo. En Horcón tienen desde el año pasado, así es”. (Minay, 2018)

En Junio de este año, el senador Francisco Chahuán solicitó un informe a cada una de las empresas emplazadas en el cordón Quintero-Puchuncavi-Concón, luego que -a través de un estudio- el Colegio Médico alertara de una alta presencia de arsénico en el agua, aire y tierra de la zona, superando ampliamente las normas internacionales (Ortiz, 2018).

### Noticias y Testimonios

Durante este año 2018, el problema de la contaminación de la Zona de Puchuncavi ha tenido lugar en la prensa nacional e internacional:

*“El contaminante que más nos genera preocupación por su toxicidad y por su altas concentraciones es el arsénico: respirable y en el agua, que ha sido detectado en un estudio reciente que realizó la ONG estadounidense **Water Keeper en pozos de Ventanas**. En los dos pozos que midió **encontró niveles de arsénico y plomo sobre la norma** de la agencia de protección ambiental de EE.UU”, señala Hernán Ramírez. A eso agrega que “los niveles de arsénico que hay en todas las estaciones de monitoreo del territorio marcan niveles que superan 23 veces la norma europea y los niveles que recomienda la OMS. El arsénico tiene relación con cáncer, pérdida de bebés en gestación, con pérdidas de coeficiente intelectual, entre otras causas”.*

(Núñez & Olguín, 2018)

*“Acá tenemos arsénico, plomo, cadmio. **Ahí está la tabla periódica completa**”, dice Cristina mirando hacia la escoria.*

(El Dínamo, 2018)

“

El Presidente Sebastián Piñera visitó este martes la localidad de Quintero, debido a los graves problemas de contaminación que se registran en dicho sector y también en Puchuncaví, y aclaró que uno de los principales inconvenientes tiene que ver con la contaminación presente en el agua de pozo que beben muchos habitantes de dichas zonas. “Sabemos que hay un grave problema con el agua en estas comunas. Mucha gente se nutre de agua de pozos que están contaminados, algunos con arsénico, y eso envenena”

**Presidente Sebastián Piñera,  
Ahora Noticias, 2018**

## 4.3 Agua de Mar: FIC Algas

### 4.3.1 Proyecto

El año 2015 surge un proyecto de la Universidad Andrés Bello de cultivo del alga parda, *Macrocystis pyrifera* (Huiro canutillo), en la zona de Quintero y Puchuncaví. Este busca generar una evaluación productiva y potencial uso para biorremediación de metales pesados y compuestos orgánicos, en otras palabras, es un **proyecto de remediación de la zona costera con organismos marinos**.

La línea de desarrollo plantea cultivar algas en tres Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERS) ubicadas en Quintero y Puchuncaví en un plazo de 12 meses, estos son los únicos espacios en los que se permite el desarrollo de cultivos marinos de la zona de sacrificio.

En el contexto de la contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos de la zona, la bioremediación ha emergido como una herramienta tecnológica la cual usa organismos para la remoción de contaminantes ambientales (Chekroun & Baghour, 2013).

Este proyecto contempló tres objetivos:

- 1 Implementar un sistema de cultivo de macroalga parda *Macrocystis Pyrifera* (Huiro Canutillo) y evaluar su productividad
- 2 Determinar la capacidad de bioconcentración de los metales pesados y compuestos orgánicos en las macroalgas cultivadas
- 3 Transferir conocimiento ecológico y técnico a pescadores artesanales y a la comunidad sobre el cultivo de estas algas (FIC Algas, 2016)

### 4.3.2 Implementación

El cultivo se implementó en tres Áreas de Manejo (AMERS): en la zona de Las Ventanas, Horcón y Maitencillo. Aquí se desarrollo un trabajo en conjunto con las organizaciones de pescadores artesanales de cada territorio. Los cultivos iniciaron en septiembre del 2015 y se cosecharon en febrero del 2016, alcanzando una duración de **150 días (5 meses)**. Se recomendó la cosecha a los 120 días de cultivo. La forma de preparación, siembra, seguimiento y cosecha se detalla en la carta de navegación del material.

### 4.3.3 Resultados

Se generó un rápido desarrollo y crecimiento de las algas en las tres localidades, alcanzando cerca de **3 mt de longitud y 3.5 kg de peso** final promedio por alga. La especie cultivada, *Macrocystis Pyrifera*, crece de forma natural en la costa de la V región, ya transcurridos los primeros 90 días de cultivo se observó la presencia de discos firmes y frondas largas típicas de la especie. En **total se cultivaron 4,5 toneladas** de Alga en peso húmedo, 1,5 ton por AMERS (FIC Algas, 2016).

La **participación activa** de los pescadores y la comunidad fue clave para el progreso del proyecto, en donde se aseguró la transferencia de conocimientos desde el equipo hasta los beneficiarios de cada caleta. Por medio de capacitaciones, actividades en conjunto, medios publicitarios del proyecto, y seminarios de difusión y análisis de los resultados. Esto generó un sentido de pertenencia del cultivo y de los resultados obtenidos.

En cuanto a la acumulación de los metales pesados en la fibra del huiro los resultados indican un registro de **Arsénico, Selenio, Estroncio, Niquel, Plomo, Uranio, Aluminio, Manganeso, Cadmio y Zinc**. La concentración alcanzada para As, Cd y Pb en las plántulas de las tres caletas superó los niveles sugeridos en el Codex Alimentario (FAO & OMS, 1995) para estos metales, por lo tanto, este recurso no puede ser utilizado con fines de consumo humano o animal (Gráfico 8).

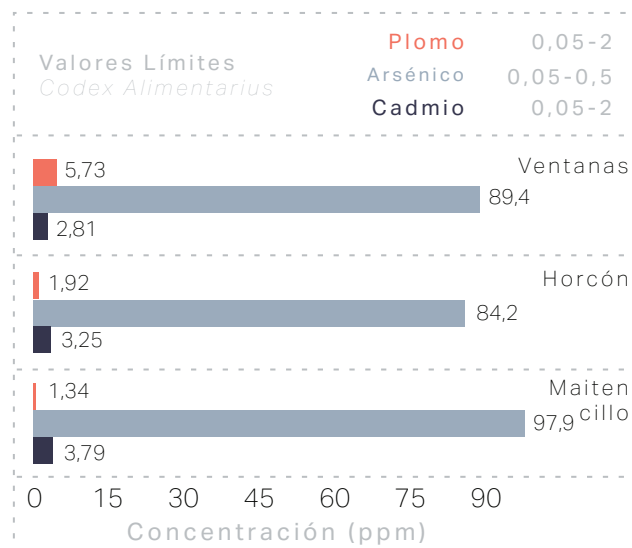


Gráfico 8:  
Concentración promedio máxima de metales pesados determinadas en el tejido del Huiro Canutillo (Fic Algas, 2016), (FAO & OMS, 1995)





*“Luego de los buenos resultados obtenidos en el proyecto FIC-Algas, aceptamos el desafío de escalar el cultivo y buscar algún uso a la gran cantidad de biomasa algal cosechada. De esta manera nació la idea de generar biocarbón y estudiar su aplicación como mejorador de suelos y adsorbente de metales pesados.*

*De aquí en adelante nos encontramos con un mundo de oportunidades para crear nuevos productos a partir de este material. Pudiendo quizás en un tiempo más cerrar un capítulo en esta historia de biorremediación teniendo como protagonistas a las macroalgas”*

**Matías Araya, 14 de Agosto, 2018**



Cosecha Huiro Canutillo FIC-Algas 2016, fotografías de Matías Araya, 2016

#### 4.3.4 Vínculo

A medida que desarrollaba la investigación de mi proyecto de título, comenzaron a surgir actores críticos en el estudio de los referentes y antecedentes. Uno de estos fue el proyecto FIC Algas, iniciativa que nace desde la contaminación del ecosistema marino. Para comprender de mejor manera su visión de trabajo me reuní a mediados de Julio (2018) con la **Dra. Loretto Contreras**, Directora del proyecto, y **Matías Araya**, Estudiante del Magister de Biotecnología. Junto a ellos surge la inquietud de poder continuar con el desarrollo de este cultivo, generando un plan en el que el huiro cosechado pase a ser materia prima rentable y no un desecho. El objetivo de esto es otorgarle un valor a esta materia para retribuir el trabajo de los pescadores y así devolverles el vínculo con la mar, en paralelo a la remediación de esta.

#### 4.3.5 Desafío

El desarrollo de este proyecto es disidente, si bien es una iniciativa que apunta a la bioremediación del ecosistema marino atestado de metales pesados, existe la problemática de que se están generando grandes cantidades de desecho de biomasa altamente contaminada.

Como plantea el Equipo FIC Algas, 2015-2016, el desafío es el de **valorizar esta materia prima luego de ser cosechada**. Las posibilidades de uso no pueden considerar el consumo humano o animal debido a la cantidad de metales que se encuentra en el interior de las fibras.

En los análisis hechos por la UNAB se proponen alternativas de uso directo: combustible y adsorbente, y la fabricación de un biocarbón o biochar para mejorar al calidad de suelos. Matías Araya, ha desarrollado su tesis de magister en torno a posibles usos del biochar como material obtenido a partir del alga cosechada, **“De aquí en adelante nos encontramos con un mundo de oportunidades para crear nuevos productos a partir de este material”**, plantea Matías, (2018). Ante esto, es necesario estudiar el material para comprender sus alternativas de uso, propiedades y posibilidades de manipulación.

## 4.4 Huiro Canutillo

### 4.4.1 Macroalgas

Existen 50.000 especies de algas, estas son un grupo grande y heterogéneo de organismos vegetales, entre los que se cuentan desde especies unicelulares hasta plantas enormes que pueden medir sobre 50 metros; se caracterizan por ser autótrofos; es decir, realizan fotosíntesis. Por lo tanto, se clasifican en dos, las **microalgas** (unicelulares) y las **macroalgas** (multicelulares), su clasificación depende únicamente del tamaño de cada especie y su estructura celular.

A diferencia de las microalgas, las macroalgas permiten generar cultivos de mayor escala, produciendo materias primas abundantes y de rápido crecimiento, razón por la cual su uso se ha popularizado en los últimos años, aumentando significativamente la importancia económica y social de este recurso natural renovable (Ortiz J., 2011).

En **Chile** existen aproximadamente **550 especies** de algas, aunque las conocidas ampliamente por la población representan menos del 1% de ellas. Las especies más comunes son exportadas como materia prima, usadas internamente en las industrias de alginatos y agar, y en menor grado consumidas como alimentos.

### Tipos de Macroalgas

Las macroalgas se clasifican en tres:



#### Rojas

(Rodophyta)



#### Verdes

(Chlorophyta)



#### Pardas

(Phaeophyta)

### 4.4.2 Huiro Canutillo: *Macrocystis Pyrifera*

#### Biología y Ecología

Alga parda comúnmente conocida como huiro canutillo debido a sus estructuras de aerocisto en los que se almacena aire, estos permiten que el alga eleve su estructura laminar dentro del mar. Es un alga gigante reconocida por su capacidad de crecer en un gran rango de condiciones climáticas generando bosques marinos. El tamaño más grande encontrado es de 60 metros de longitud, pero por lo general alcanza los 3 a 4 metros en nuestro país.

Se reproduce por esporas las cuales crecen rápidamente hasta madurar reproductivamente en menos de un año. Además, esta macroalga permite la formación de diversas especies, generando pequeños ecosistemas a su alrededor.

#### Distribución Geográfica

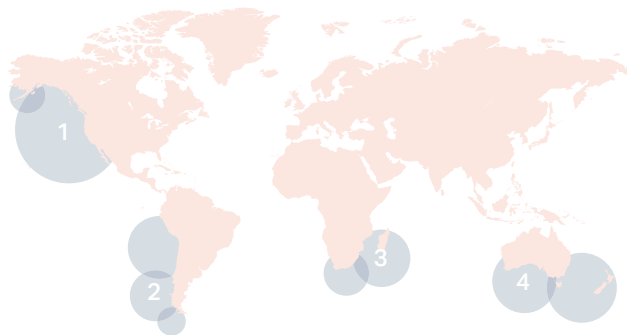


Figura 9:  
Distribución geográfica Huiro  
Canutillo en los océanos del  
Mundo, (Ortiz J. 2011)

#### Detalle Figura 8:

- 1 En la costa oeste de Norte América, desde Baja California, México, hasta la Bahía Glacial y sureste de las Islas Kodiak de Alaska.
- 2 En el hemisferio sur se encuentra ubicado en las costas de América del Sur, desde Perú (latitud 6ªS) hasta el sur de Chile (latitud 57ªS).
- 3 Bajo sudafrica
- 4 Tasmania, al sur de Australia, costa centro y sur de Nueva Zelanda.

**Taxonomía**

Familia: Lessoniaceae.

Orden: Laminariales.

Clasificación: Feofíceas.

Descripción: Esta alga conocida como huiro, se adhieren a un sustrato mediante un **disco basal cónico**; este disco está formado por **hapterios** ramificados, de aproximadamente 1 cm de grosor, no fusionados entre sí, que forman una masa densa de más de 1m de diámetro. Los hapterios nacen en capas superpuestas que, en ejemplares viejos, llegan a circundar la base de los primeros estipes; los cuales, nacen del disco basal, son cilíndricos y terminan en **láminas** de hasta 70cm de largo, provistas de un **aerocisto** piriforme basal, lleno de aire. Entre la porción terminal del estipe y la base de la lámina se producen fisuras en dirección distal; al avanzar estas fisuras hasta el borde de la lámina, se originan nuevos estipes y láminas. Generalmente, sirve de sustrato a un importante número de moluscos, erizos, peces, etc. Además su gran tamaño y movimiento ayuda a la oxigenación del mar (Ortiz J. , 2011).



**4.4.3 Bioacumuladores**

Las algas pardas han sido frecuentemente estudiadas por su implementación como **bioadsorbentes de metales** como el plomo, cobre, cadmio, zinc, níquel, cromo, uranio y oro. Esto se debe a la estructura de su pared celular y a la alta presencia de polisacáridos, alginatos y fucanos; los cuales poseen la capacidad de intercambiar iones naturales, permitiendo la **unión de metales pesados** por sus cargas negativas, considerando que los metales pesados en agua por lo general poseen carga positiva (cationes). Luego, ocurre el proceso de **bioabsorción** en el interior de la fibra del alga en donde los iones metálicos se acumulan (Figura 10).

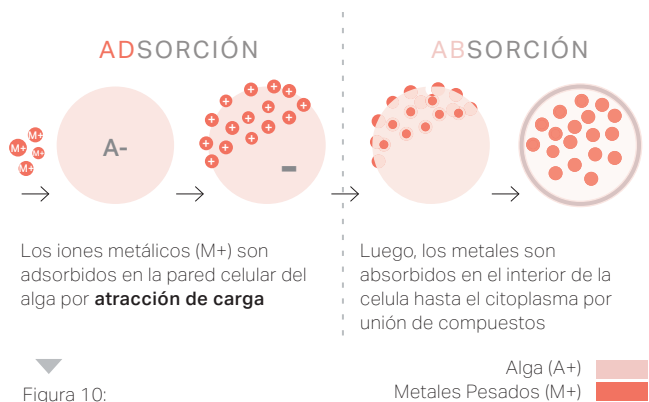


Figura 10:  
Proceso de adsorción y absorción  
Elaboración Propia



Biocarbón Estándar,  
Fotografía de registro personal



5.

---

**MATERIAL:  
BIOCARBÓN**

---

Adsorción de metales  
pesados en agua

## 5.1 Biocarbón Estándar

### 5.1.1 Descripción General

El biochar o biocarbón (BC) es un **sólido rico en carbono de color negro obtenido a partir de la descomposición térmica de un material orgánico**. La carbonización de este material se genera en ausencia de oxígeno generando un proceso productivo libre de CO<sub>2</sub>, por lo tanto, reduce la liberación de carbono a la atmósfera (Sohi, Krull, Lopez-Capel, & Bol, 2010).

Este material puede obtenerse de diferentes materias primas orgánicas, incluidos residuos de madera, residuos de cultivos, pastos, estiércol, residuos orgánicos, algas marinas, entre otros. (Contreras-Porcía, et al., 2016). El uso exitoso del biochar depende de las propiedades de la biomasa de origen y de las condiciones de producción, incluidos el tiempo de residencia, la temperatura, la velocidad de calentamiento, el tipo de reactor y otros factores. Entre las formas de producir biocarbón la más utilizada es la producción por **pirolisis lenta**.

El biochar difiere de otros productos sólidos derivados de la conversión termoquímica, como el carbón vegetal o el carbón activado, en el objetivo de almacenamiento de carbón a largo plazo, y la generación de materia prima para industrias de procesamiento o combustibles.

#### Contexto Histórico

Los primeros usos de este material datan desde los inicios de la vida del hombre, en donde se utilizaban restos de incendios forestales y quemados para remediación de suelos, sin embargo, este proceso no tenía ningún tipo de regulación acerca de la liberación de gases nocivos en la atmósfera. Ciertas investigaciones sugieren que inicialmente se encontró en la cuenca del Amazonas de América del Sur, donde los indios nativos comenzaron a producir biocarbón amontonando las reservas de madera en los hoyos y quemándolos lentamente sin la presencia de aire durante la etapa temprana de la civilización (Thines, Abdullah, Mubarak, & Ruthiraan, 2016).

### 5.1.2 Biocarbón de Alga

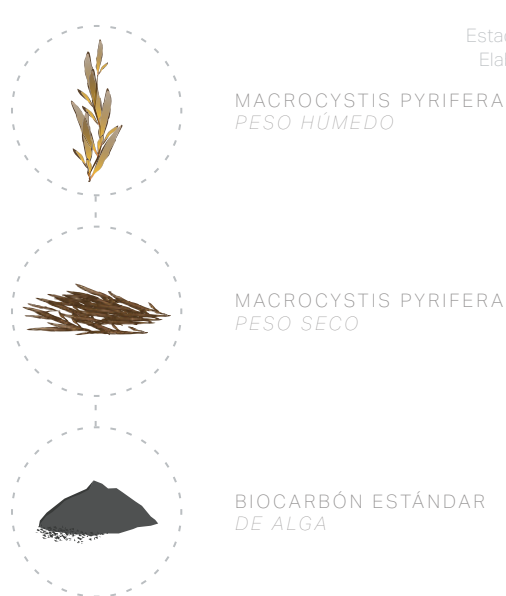


Figura 11:  
Estados del Material  
Elaboración Propia

Hoy, la biomasa obtenida del alga es considerada como una nueva solución de biotecnología desde un punto de vista ambientalista. El bajo costo de esta materia prima se debe a la abundancia de macroalgas y la fácil recolección de esta en campos naturales, cultivos o desprendimientos. Según Contreras-Porcía, et al, (2016), el origen del biocarbón de macroalgas se centra principalmente en el uso de esta materia prima como un **adsorbente de contaminantes de bajo costo**, principalmente para eliminación de metales y fosfato de los sistemas con agua.

En relación a otros tipos de biochar, como aquellos producidos a partir de plantas, cáscaras de maíz o de maní, este tiene un menor contenido de carbono y, por el contrario, una mayor concentración de macronutrientes y contenido de cenizas, y mayor capacidad de intercambio catiónico, es decir, mejor capacidad de adsorción por atracción de cargas (Bird, Wurster, Paula Silva, Paul, & NYS, 2012).

## 5.2 Proceso productivo del Biocarbón

### 5.1.3 Propiedades

Contreras-Porcía, et al. (2016), señala que en los últimos años, el biochar ha sido un tema de gran interés científico y comercial debido a su papel en el secuestro de carbono, la capacidad para mejorar la eficiencia de la absorción de nutrientes en los suelos y la capacidad para adsorber contaminantes de diversas matrices.

#### Fertilizante & Enmendación de suelos

Viene a reemplazar el uso de fertilizantes inorgánicos para la obtención de Nitrógeno y su reparación en suelos altamente dañados (perdida de fertilidad y materia orgánica). Supera a otros abonos orgánicos debido a su capacidad de retención del Nitrógeno, el cual libera lentamente en el suelo aumentando la productividad y eficiencia de los cultivos. También contribuye a disminuir el impacto del cambio climático, reduciendo la emisión de gases efecto invernadero.

#### Adsorbente: tratamiento de residuos

Además de la utilización de la enmienda del suelo, el biochar tiene la propiedad de actuar como un bioadsorbente en el tratamiento del agua para remediar los entornos contaminados debido a su abundancia de grupos funcionales orgánicos y minerales inorgánicos (Kai Ling, et al., 2017).

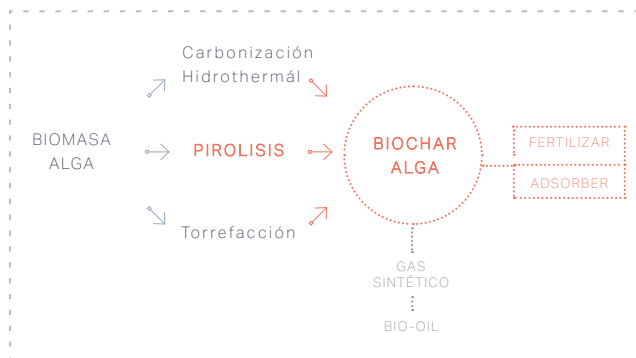


Figura 12:  
Producción de Biocarbón  
de Alga  
(Kai Ling, et al., 2017)

La producción de biochar difiere de otros sistemas de producción de energía de biomasa, ya que esta tecnología es de carbono negativo. El biochar tiene potencial para secuestrar hasta el 12% de los gases de efecto invernadero de fuentes de contaminación industriales en sistemas ecológicamente y económicamente sostenibles (Ennis et al., 2012).

En el caso de la biomasa de algas, esta se convierte en biochar a través de conversiones termoquímicas, como la pirolisis, la carbonización hidrotermal y la torrefacción. La forma convencional de sintetizar biochar es a través de la pirolisis lenta que da un alto rendimiento de carbón (Kai Ling, et al., 2017) (Figura 12).

### 5.2.1 Pirolisis

Es el proceso de descomposición térmica de material orgánico en ausencia de oxígeno cuya temperatura es menor a los 900°C. Existen diversas formas de pirolisis, entre las que encontramos pirolisis rápida, pirolisis ultra rápida, pirolisis lenta y pirolisis asistida por microondas. En comparación con otros procesos la pirolisis lenta produce la cantidad máxima de biochar a partir de la biomasa.

#### Protocolo de fabricación

La pirolisis se lleva a cabo en un horno que debe ser programado bajo los protocolos previamente establecidos, estos son: el flujo de Nitrógeno, la temperatura y el tiempo. Estos dos últimos se grafican en una curva de pirolisis, donde a cada periodo de tiempo se le asocia una temperatura (t°).

**A MAYOR TEMPERATURA**

- Aumenta el Ph, la conductividad y el contenido de cenizas
- Disminuye el contenido de carbono y la capacidad de adsorción del material

#### Subproductos

El proceso de pirolisis involucra una red compleja de reacciones asociadas a la descomposición de los principales constituyentes de la biomasa. Los componentes que se generan a partir de cada materia prima varían en sus condiciones y cantidad, entre ellos encontramos **sólidos carbonosos**, **gases sintéticos** y **líquidos** como alquitranes y aceites.

## 5.3 Biocarbón Magnético

Un estudio realizado por la Universidad de Geociencias en Beijing el 2015, plantea la posibilidad de producir biochar con carga magnética a partir de la incorporación de **hierro** en la biomasa, esto debe ocurrir previo al procesos de pirolisis. En este caso, se obtuvo biocarbón magnético (BCmag) derivado de la cáscara de maní, el cual presentó un gran potencial para la remediación de aguas contaminadas (Yitong, Xi, Xin, Saran, & Jiawei, 2015).

### Ventajas del Biochar Magnético

La gran diferencia que este biocarbón magnético presenta en relación al bioacarbón estándar, es la capacidad de separación del material de una solución o mezcla acuosa por medio de magnetismo, en otras palabras, permite la fácil separación del biochar del entorno en el que se esta utilizando, mediante el uso de un imán.

En el caso de la **eliminación de metales pesados** presentes en el medioambiente, existen diversos metodologías, sin embargo, estos adsorbentes presentan un problema en común, la necesidad de un proceso secundario para la separación de la solución, lo que aumenta los costos operacionales (Martinez, Muñoz-Bonilla, Mazario, Recio, Palomares, & Herrasti, 2015). Al **magnetizar el biocarbón** a través de un material de bajo costo como el **hierro** prescindimos este proceso secundario y con ello los costos asociados.

*"Para la separación del biochar estándar de la solución acuosa se requiere un proceso de centrifugación o un proceso de activación adicional mediante el método de plasma de oxígeno con una base fuerte antes de su aplicación en el supercapacitor. Esta dificultad se supera mediante el desarrollo de **biochar magnético** con la unión de varios iones metálicos en la superficie del biochar para mejorar su efecto magnético y su aplicación en diversos campos"*

**Thines, Abdullah, Mubarak, & Ruthiraan, 2016**



### 5.3.1 Propiedades

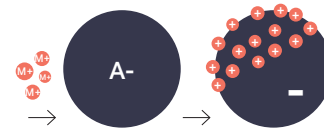
Según Thines, Abdullah, Mbarak & Ruthiraan (2016), este biocarbón magnético muestra una aplicación remarkable como **adsorbente** para varios tratamientos de aguas residuales, además de su facilidad para **separarse** de la solución y con ello la posibilidad de ser **reutilizado**. A esta propiedad se le conoce como **desorción**, existe un potencial de recuperación del bichar magnético con el cual se lograría separar el metal adsorbido del biocarbón, para la reutilización de ambos componentes (Figura 13).

Los estudios que se generaron plantean que el Biochar magnético creado a temperaturas de pirólisis más altas (650°C) se caracterizó por generar nano-partículas de magnetita. Así mismo, la densidad de las partículas magnéticas también tiende a aumentar con la producción bajo temperaturas más elevadas. En uno de los procesos realizados por Yitong, Xi, Xin, Saran, & Jiawei (2015), hubo marcadas diferencias en el área de superficie para la BC creada a altas temperaturas, particularmente entre 450 y 650 C. Una temperatura de pirólisis más alta promovió el desarrollo de una estructura porosa y, por lo tanto, un área de superficie más alta.

A MAYOR TEMPERATURA → Aumenta la capacidad de adsorción del material  
 → Aumenta el contenido de carbono del material

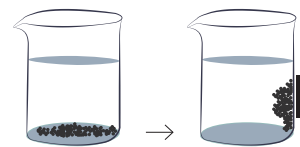
En consecuencia, se plantea como **hipótesis** que al realizarse la pirólisis a temperaturas que superan los 450°C, idealmente en 650°C (Yitong, Xi, Xin, Saran, & Jiawei, 2015), la **capacidad de adsorción** del Biocarbón también es **mayor** debido a que tiene más área superficial en la que se adhieren los iones magnéticos.

#### ADSORCIÓN



Adsorción cinética de metales pesados disueltos en agua

#### SEPARACIÓN



Descontaminación del agua a través de atracción magnética

#### DESORCIÓN



Recuperación del material

Figura 13  
 Propiedades BCmagnético  
 Elaboración propia

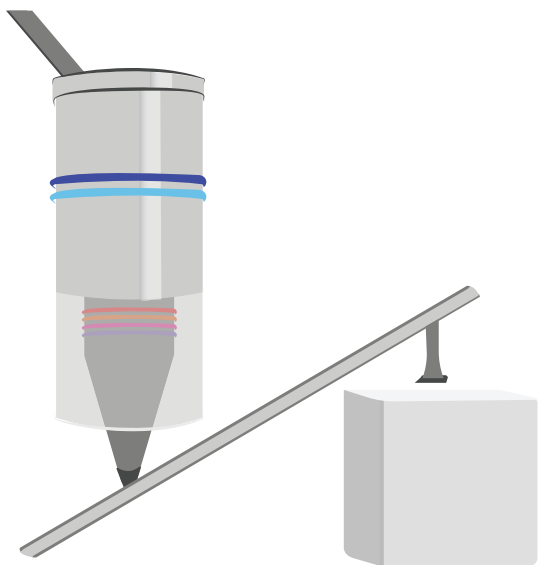
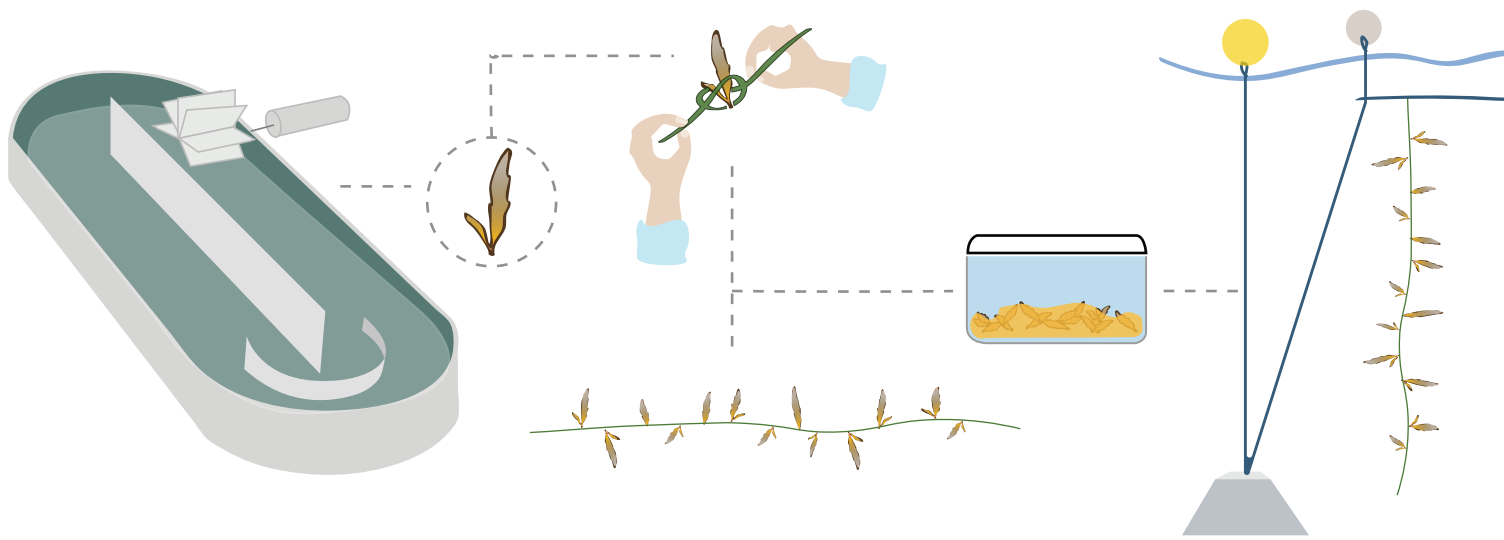
## 5.4 Estudio del Material

### 5.4.1 Carta de Navegación

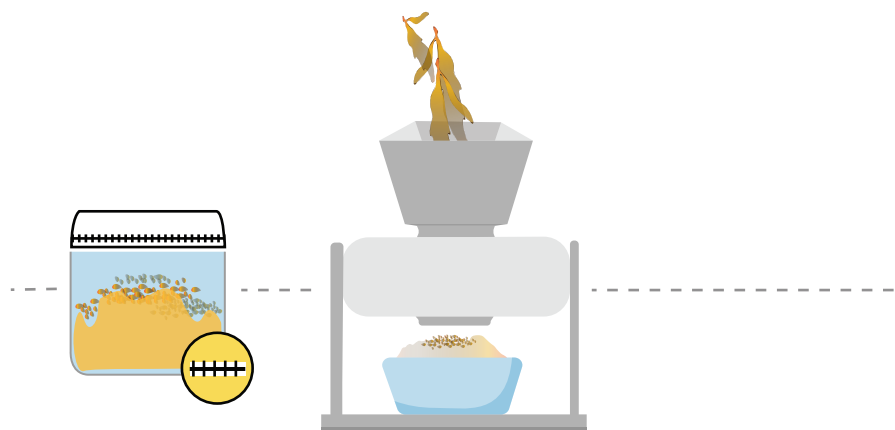
La carta de navegación describe el proceso productivo realizado durante el proyecto Fic Algas 2015-2016 para el cultivo del Huiro Canutillo en las tres Áreas de Manejo de la zona de Puchuncaví-Quintero, y posteriormente, para la obtención del biocarbón estándar (Figura 14). Se estudiaron cada una de las etapas, las técnicas empleadas, sus tiempos, materiales y alternativas.

#### I. Cultivo de las Plántulas

#### II. Siembra de las Plántulas



VIII. Pirólisis para la obtención de Biochar



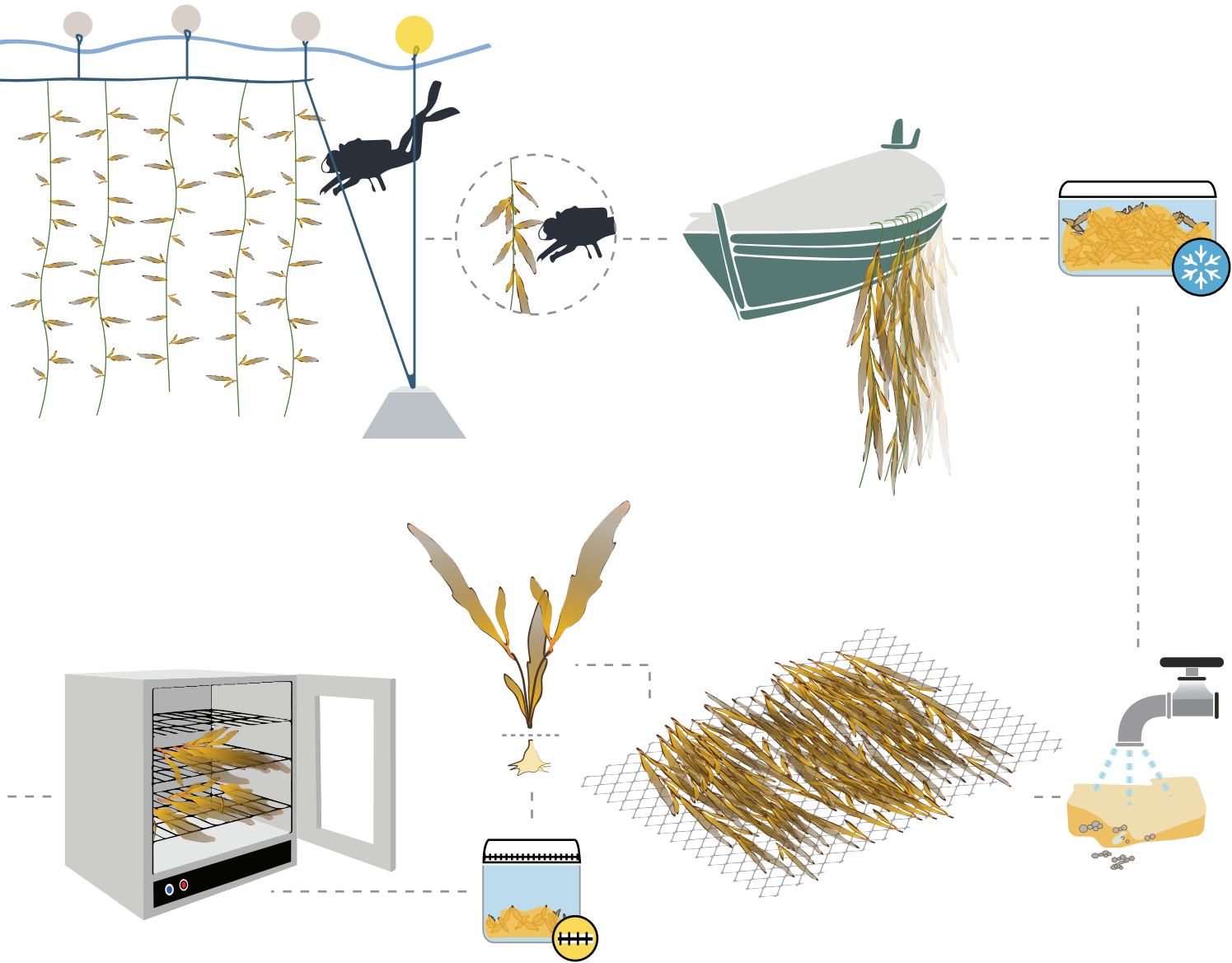
VII. Secado y Triturado de la Biomasa

Figura 14:  
Proceso productivo de  
Biochar Estándar,  
Elaboración Propia



III. Cultivo de las Algas

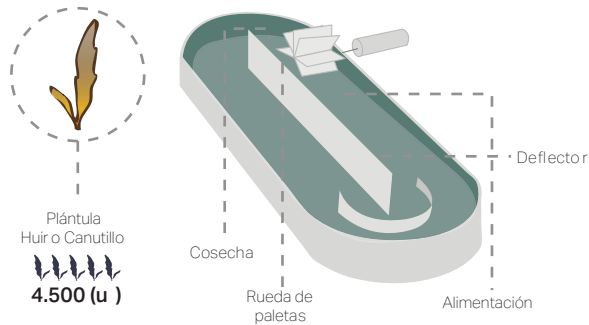
IV. Cosecha de las Algas



VI. Presecado de la Biomasa

V. Lavado de la Biomasa

### I. Cultivo de las Plántulas o Semillas

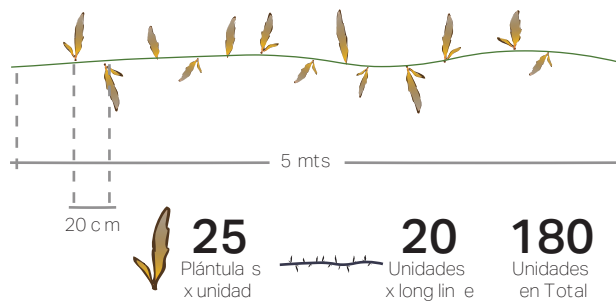


Estanques raceway acondicionados con flujo continuo de agua de mar filtrada, aireación permanente y reducción de la exposición de luz directa con malla ratchel.



Estanques raceway, filtro y flujo de agua, malla.

### II. Siembra de Plántulas



Se sujetaron las plántulas en las cuerdas de nylon de forma manual mediante el traspaso del disco de fijación en las hebras de la cuerda.

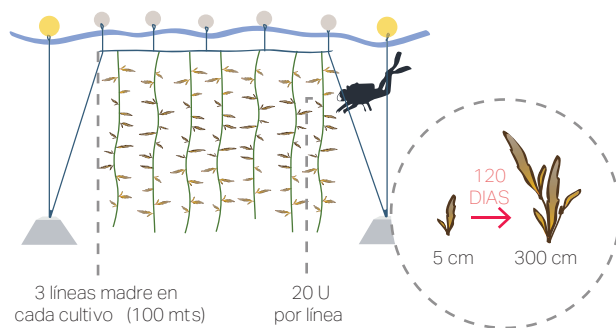


Se trasladan las Unidades en contenedores de forma directa para ser cultivados.



Estanques raceway, filtro y flujo de agua, malla ratchel.

### III. Cultivo de Huiro Canutillo



Cultivo Long-line, se realizaron jornadas de trabajo previas y se explicó el sistema de cultivo, se preparó el material en tierra y finalmente se instalaron las líneas a 3 mt de profundidad.

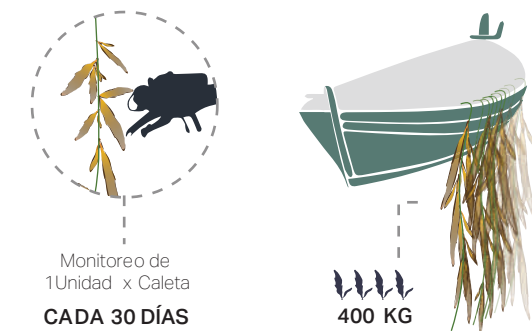


120 - 150 días (feb a sep).



Boyas plásticas, fondeos, cabos para boyas, línea madre (cuerda).

### IV. Cosecha del Alga



Se accede a los cultivos a través de barcos y se comienza a retirar el alga del mar desde el disco, cargando la capacidad del barco. Participó el equipo del proyecto y la comunidad.



La cosecha se realiza transcurridos los 120 días de cultivo.



Cuchillo, embarcaciones, sacos, equipo de buceo

Figura 15  
Etapas producción de  
Biochar Estándar,  
Elaboración Propia

### V. Lavado de Biomasa

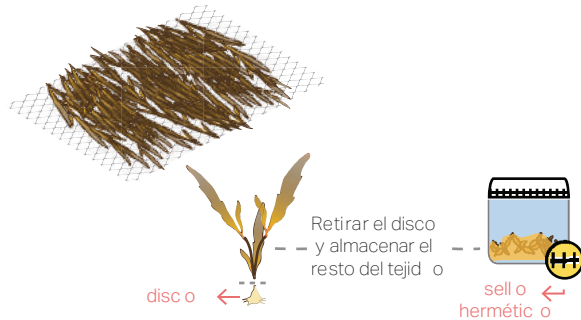


Se sacan las muestras de las bolsas plásticas, de manera manual se remueve cualquier rastro de escombros e inmediatamente se lavan las muestras tres veces con agua de la llave. Se repite el proceso tres veces con agua destilada.



Estanques raceway, filtro y flujo de agua, malla.

### VI. Presecado de la Biomasa



La biomasa de algas se puede secar al aire libre distribuyendola uniformemente en una malla limpia para permitir el drenaje de agua durante el día, cubriendo con una malla durante la noche para mantener el secado.

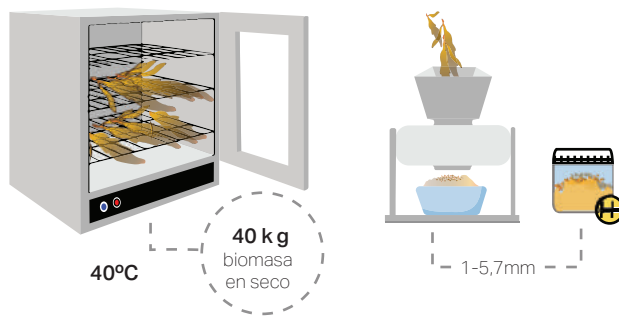


24 horas.



Malla ratchel, cuerda, 2 postes, bolsas plasticas y selladores

### III. Secado y Triturado de la Biomasa



Secado en horno a 40°C, para esto se dispone 1 kg de biomasa en contenedores de aluminio. La biomasa seca debe ser molida manualmente o en un molino de acero inoxidable y tamizado para tener partículas de 1-5,7mm.

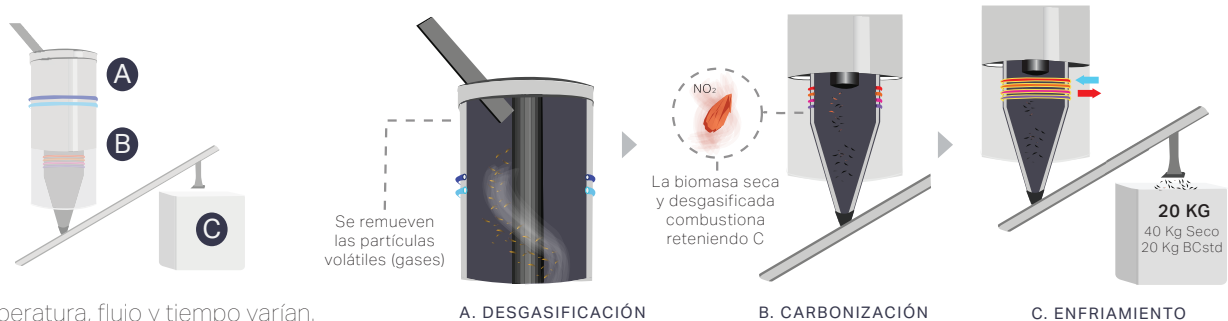


24 horas de secado en horno.



Horno de secado, balanza, tamizador 1-5,7 mm (nº18 -nº3,5), molino de acero inoxidable.

### VIII. Pirólisis para obtención de Biocarbón Estándar (BCstd)



La temperatura, flujo y tiempo varían.

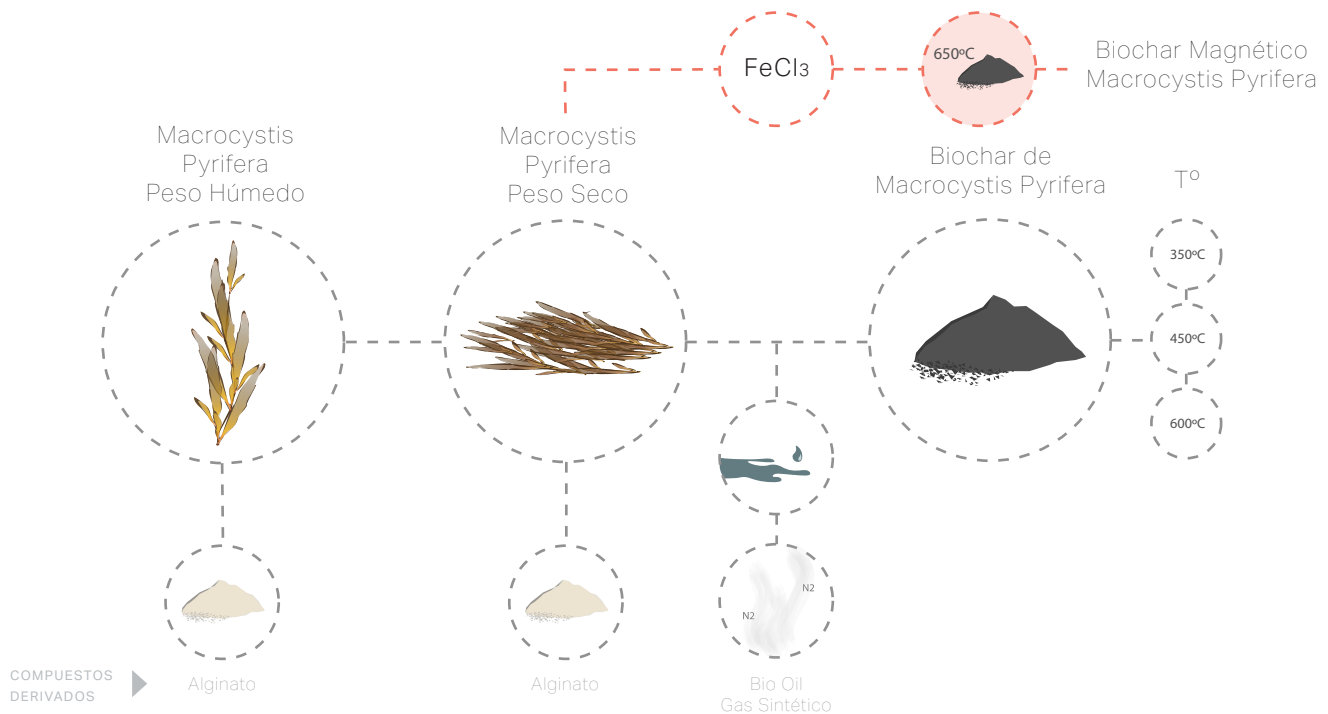
A. DESGASIFICACIÓN

B. CARBONIZACIÓN

C. ENFRIAMIENTO

Descripción	
Materiales	
Tiempo	

## 5.4.2 Estados del Material



## 5.5 Conclusión

### 5.5.1 Planteamiento de Hipótesis

Una vez estudiado el material se coordinó una reunión con Fco. Javier Recio, Profesor de Electroquímica de la PUC, especialista en nanotecnología. Se le explicó el proyecto y los resultados obtenidos por Fic Algas 2015-2016, además de mostrarle las pruebas de biocarbón realizadas por ellos a tres temperaturas diferentes: 300°C, 450°C y 600°C. A partir de esto se establecieron los pasos a seguir del proyecto, la metodología de trabajo y la hipótesis a validar: **producir biocarbón magnético a partir del alga cosechada en la Bahía, capaz de adsorber metales pesados disueltos en agua dulce.**

En cuanto a la obtención de la materia prima sacamos muestras restantes sujetas a las cuelgas de los cultivos de **Horcón**. Se retiró **1 kg de alga húmeda** para hacer las nuevas muestras de biocarbón en el laboratorio de electroquímica de la Pontificia Universidad Católica.

Figura 16:  
Estados del Material,  
Elaboración Propia

PROPORCIÓN	ESTRUCTURA FÍSICO/QUÍMICA	FORMAS DE MANIPULACIÓN
<p><b>Alga en peso húmedo/seco</b></p> <p><b>10/1</b></p> <p>400 kg ▶ 40 kg</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10-40% Alginato</li> <li>○ 5-20% Fucano</li> <li>○ Presencia de Polisacáridos</li> <li>○ Metales Pesados (13), en el caso del Cd, Cr &amp; As se supera la norma del CODEX alimenticio (1995)</li> </ul>	<p>Puede <b>adherirse</b> con resinas y otros aglomerantes mediante placas de material que encapsulan las láminas de alga. Otras microalgas tienen uso en productos <b>comestibles</b> e <b>industriales</b>, <b>decoración</b>, como materia prima para <b>papel</b>, generar <b>biocombustible</b> y <b>energía solar</b>.</p>
<p><b>Alginato</b></p> <p><b>10-40%</b></p> <p>Polvo</p> <p>Gel</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polímeros lineales formados por unidades de ácido manuronato (M) y guluronato (G)</li> <li>○ Enlaces glicosídicos: GG, MM, MG</li> </ul>	<p>Se obtiene del alga húmeda o seca. En eº húmeda se corta y se diluye en formol para almacenarla. En eº seco se tritura y almacena, al usarse se hidrata remojándose por varias hrs. Se utiliza en <b>alimentos</b> y <b>fármacos</b>, <b>espesantes</b> por su textura, se han desarrollado <b>hilados</b> de alginato de forma experimental.</p>
<p><b>Biocarbón Estándar (BCstd)</b></p> <p><b>20/1</b></p> <p>400 kg ▶ 20 kg</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 71% Oxígeno</li> <li>○ 23,9% Carbono</li> <li>○ Presencia de Polisacáridos</li> <li>○ 3,01% Hidrógeno</li> <li>○ 2% Nitrógeno</li> <li>○ Contenido: 69,9% Cenizas</li> <li>○ Metales: Cd, As, Pb</li> </ul>	<p>Se añade a compost o de forma directa a la tierra para ser utilizado como <b>fertilizante</b>. En tratamientos de contaminación se genera <b>adsorción</b> cinética. Existen productos de biocarbón que se venden como fertilizantes, uso como fibra textil y nanotubos de conducción eléctrica.</p>
<p><b>Biocarbón Magnético (BCmag)</b></p> <p><b>40/1</b></p> <p>+Fe3</p> <p>400 kg ▶ 10 kg</p>	<p><b>HIPÓTESIS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partículas de Magnetita</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS:</b></p> <p>Uso para remediación de aguas contaminadas de metales pesados, con capacidad de <b>adsorción</b>, <b>separación</b> y <b>desorción</b>.</p>



Imagen aérea de casas en Ventanas Bajas  
Fotografía de Fede Maiz, 2018





6.

---

FORMULACIÓN  
DEL PROYECTO

---

## 6.1 Oportunidad

### OPORTUNIDAD (1)

Ante la actual alerta nacional de contaminación industrial, y en base al proyecto FIC Algas 2015-2016, surge la oportunidad de generar un proyecto que **estudie y experimente** la posibilidad de producir un **nuevo material** para la remediación de esta zona de sacrificio. La materia prima a utilizar es el Huiro Canutillo (*Macrocystis Pyrifera*) previamente cultivado en la Bahía.

En este sentido, nace la oportunidad de plantear un proyecto que, desde el cultivo de los pescadores artesanales, busque repercutir de forma sostenible en la comunidad. Desarrollando un **modelo de productividad circular (Figura 17)**, en el que el alga parda que hoy es un desecho contaminado se transforme en un material con valor.

### OPORTUNIDAD (2)

Dado el creciente uso de biocarbón para la adsorción de metales pesados, surge la posibilidad de diseñar un sistema capaz de adsorber estos contaminantes del agua. Esta oportunidad nace como el resultado de dos aspectos: (1) La actual **necesidad de agua limpia** en las comunas de Puchuncaví-Quintero, siendo la principal razón de contaminación del agua las descargas industriales de efluentes con alta concentración de metales pesados (Ver gráfico 8, página 42). Este conflicto que también se escala a la realidad mundial.

(2) La posibilidad de generar un **material magnético de bajo costo** que sea capaz de **capturar metales** disueltos en el agua con fácil capacidad de separación.

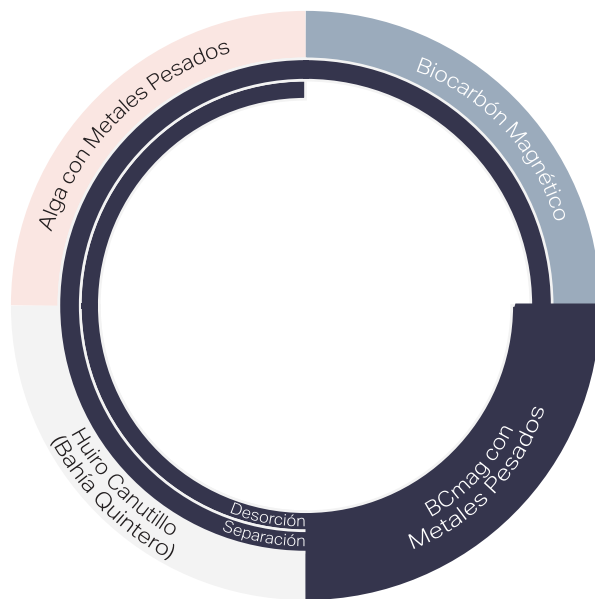


Figura 17:  
Modelo de productividad circular.  
Elaboración propia

A partir de las oportunidades identificadas, nace la posibilidad de desarrollar un proyecto de investigación aplicada donde se hará necesario el trabajo articulado con áreas como la biología marina, la química y la ingeniería.

## 6.2 Formulación

### QUÉ

Sistema de distribución y purificación de agua dulce contaminada que opera en base a biocarbón magnético producido a partir de algas, el cual es capaz de adsorber metales pesados disueltos en agua.

### POR QUÉ

La contaminación industrial ha impactado negativamente en los ecosistemas circundantes a las industrias generando la presencia de metales pesados por sobre las normas de salud en los sistemas de agua proveniente de pozos, lo que se traduce en un grave daño en la salud de las personas que la consumen a diario.

### PARA QUÉ

Contribuir a la erradicación la crisis de salud actual en la zona de Puchuncaví– Quintero por medio de la distribución de agua libre de metales pesados.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**1.** Reducir la cantidad de metales pesados presentes en una solución acuosa a través del uso de tecnologías asequibles.

*I.O.V. Técnica de análisis químico con potencial de electrodo, en dos casos: Agua contaminada con metales pesados sin Biochar / Alga contaminada con metales pesados con Biochar luego de una hora de agitación*

**2.** Separar y recolectar el biocarbón del agua luego de la adsorción de los metales a través de atracción magnética.

*I.O.V. Análisis de decantación y separación Prototipo 2*

**3.** Determinar la capacidad de adsorción de los metales pesados por parte del biocarbón.

*I.O.V Análisis de estados de concentración de metales pesados. Se compara la concentración inicial del metal en agua potable y la concentración luego de la aplicación del biochar.*

**4.** Valorizar la materia prima proveniente del cultivo de los pescadores artesanales de la Bahía.

*I.O.V. Modelo de negocios circular*

## 6.3 Contexto

### 6.3.1 Escalas de trabajo

El marco de estas tesis se desarrolla en tres escalas representadas a continuación:



MACROESCALA  
*Zona de Sacrificio*



MESOESCALA  
*Contenedores de Agua*



MICROESCALA  
*Agua Contaminada*

La macroescala considera el estudio del lugar entrópico en el que **interactúan las personas**, en este se generan los tres tipos de contaminación ya analizados. La microescala estudia la presencia de **metales pesados** en el agua de consumo, en donde el biocarbón actúa como material de remediación. En base a esto, existe un nivel intermedio que logra la interacción entre humanos y la tecnología, este es el caso de la mesoescala.

### 6.3.2 Contexto de implementación

Se estudió el caso en particular de una comunidad de vecinos ubicada en la zona de Las Ventanas Bajo, comuna de Puchuncaví. Los habitantes de **Ventanas Bajo** y parte de los de Ventanas Alto no cuentan con sistema de agua potable. La mayoría de estos casos acceden al agua mediante **pozos** que abastecen a varias casas, otros deben comprar agua que trae un camión de 10.000 Litros cada 15 días (Estanque 3-4), en ambos casos el agua es almacenada en **contenedores**. En un caso en particular se observa que existe un estanque de mayor dimensión en Ventanas Bajo que bombea agua potable hacia la zona de Ventanas Alto, este estanque esta abierto en su cara superior (Estanque 5), exponiendo su contenido a todo tipo de contaminación liberada por las industrias.

#### POZO DE AGUA N°1, Comunidad de Ventanas Bajo



Este pozo de agua es propiedad de Don Lana y Doña Olga Barraza.



## TIPOS DE ESTANQUES



Fichas técnicas de los  
estanques en el Anexo.



ESTANQUE (5)  
(Agua Potable Ventanas Alto)

POZO DE AGUA N°1  
(Propiedad de Don Lana)

CASA (2)  
(Agua de Pozo N°1)

CASA DE RUTH (1)  
(Agua de Pozo N°1)

VENTANAS BAJO  
IMÁGEN AÉREA



E (1)

E (2)

CASA DE JASMINE  
(Agua de Pozo Propio N°2)

CASA (5)  
(Agua de Pozo N°1)

CASA DE DON LANA  
& DOÑA OLGA (4)  
(Agua de Pozo N°1)

CASA (3)  
(Agua de Pozo N°1)

## 6.4 Usuario

### 6.4.1 Usuario Primario

Familias de la zona de Ventanas Bajo que tienen acceso a **agua de pozos**. Viven en condición de vulnerabilidad (, Ver gráfico 5, página 27), expuestos a la contaminación proveniente del parque industrial las Ventanas por más de 20 años. Son las casas circundantes al PIV y otras industrias ubicadas hacia el interior de la Bahía.

*“Mi tío esta enfermo nomas. Le duele la cabeza, las piernas. Yo igual a veces amanezco, no se si será eso, pero yo nunca he ido al doctor porque uno no se.. pa’ qué. Me pesan las piernas nomás”*

(Ruth - Comunidad Ventanas Bajo, 05 de Octubre, 2018)

Este es el caso de **Don Lana y Doña Olga Barraza**, un matrimonio que forma parte de esta comunidad, ellos son dueños de un pozo de agua de 22 metros de profundidad. En total este pozo abastece a cinco casas vecinas de entre 2-6 habitantes cada una, el agua que bombean del pozo la almacenan en estanques de 200-2000 L, ellos no cuentan con sistema de alcantarillado.

Este matrimonio son llamados “tatas” y “tios” por sus vecinos debido a la estrecha relación que mantienen. Doña Olga y Don Lana (75-80 años estimados) viven hace cuarenta años en su casa de Ventanas Bajo. Ellos tienen diez hijos que viven en otras zonas, Ruth, su sobrina, vive en una de las casas vecina y los acompaña y cuida.

#### Caracterización del Usuario

- Hombre- Mujer de un rango de edad 40-80 años
- Cesante o jubilado, sin actividades laborales estables (algunos tienen emprendimientos propios, como Ruth que re-vende ropa)
- Viven en zonas rurales
- Terrenos sin urbanización
- Sin acceso a agua potable
- Tienen conexión a pozos de agua compartidos (5-4 casas)
- Viviendas de bajo nivel socioeconómico
- Experimentan dolor físico, por lo general en espalda, piernas y articulaciones. Algunos días dolor de cabeza constante.
- Ignorar el nivel de contaminación al que están expuestos





### 6.4.2 Usuario Secundario

Hombre de 45-60 años (INE Chile, 2008-2009) nacido y criado en la comuna de Puchuncaví-Quintero. Practicaba la **pesca artesanal** como oficio por herencia y tradición familiar. En la actualidad, forma parte del sindicato de pescadores de la Caleta Las Ventanas, sin embargo, debido a la **escases de recursos del mar** producido por la contaminación y la prohibición de los cultivos por el Servicio Nacional de Salud (2000), esta comunidad de pescadores hoy no puede ejercer su oficio como hombre de "la mar" (forma en que ellos se refieren). Ellos cargan un sentimiento de arraigo y pertenencia al mar y sus costumbre, hoy, esperanzados ante la recuperación de su oficio, están abiertos a nuevas posibilidades e incorporar la innovación en su labor.

*"Yo nací en esta caleta aquí, con mi abuelo y mi papá, escanando espineles (...) Como mis tíos y abuelos trabajaban acá, decía bueno, en esta caleta trabajábamos desde muy chicos, te llevaban a la mar, era tradición aquí, y como la comunidad era chiquitita, no había ese crecimiento que hay hoy aquí, bueno..."*

(C.V.- Pescador Artesanal, 10 de abril, 2018)

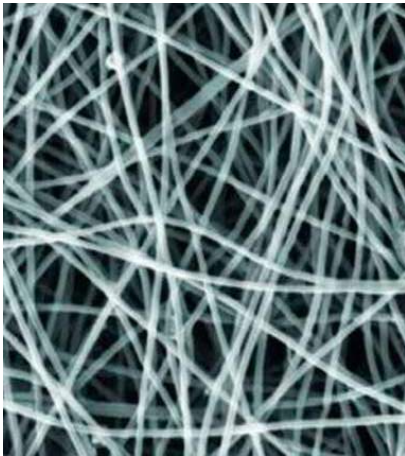
*"Sipo, el agua es rica acá, no nos enfermamos de la guata. Yo creo que es mejor que el agua que tiran, por que es de pozo pozo nomás po. No todos en Ventanas Alto tienen agua potable, muchos funcionan con pozo y con bomba nomás (...) El agua de los pozo al principio salía media amarilla que es normal, pero con el tiempo salía clarita, es rica. Esta agua la tomamos, nos duchamos y es buena buena."*

**Ruth, Comunidad Ventanas Bajo  
05 de Octubre 2018**



Pescadores Artesanales en el Local donde sus padres y tíos tenían un restaurant de mariscos  
Imágen de registro personal, Abril 2018

## 6.5 Antecedentes y Referentes



Membrana de nanofibra  
Recuperado de [www.scielo.org](http://www.scielo.org)

### MEMBRANA DE NANOFIBRA

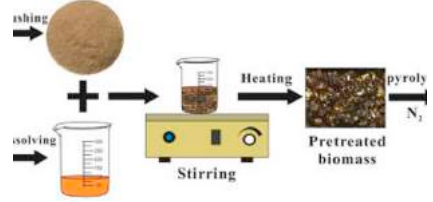
La revista Membrane Science publicó un artículo en el que se describe el uso de membranas de nanofibras para la adsorción de metales pesados en soluciones acuosas. Éstas están fabricadas en base a biopolímeros tales como lignina, avena, proteína de soja, alginato de sodio y quitosano (Kolbasov, Sinha-Ray, Yarin & Pourdeyhimi, 2017).



Kenaf  
Recuperado de [es.materfad.org](http://es.materfad.org)

### KENAF

Fibra orgánica capaz absorber  $\text{CO}_2$  y eliminar metales pesados en suelos altamente contaminados por metales pesados (KGI, 2010).



Magnetic Biochar of peanut shell  
Recuperado de Yitong, Xi, Xin, Saran & Jiawei, 2015

### MAGNETIC BIOCHAR DE PS

Biochar magnético hecho a partir de biomasa de cáscara de maní utilizando cloruro de hierro en un enfoque de fase acuosa simplificada y pirólisis a temperaturas máximas alternativas (450–650 ° C). Este tiene la capacidad extrema para la adsorción de cromo hexavalente  $\text{Cr(VI)}$  de la solución acuosa (Yitong, Xi, Xin, Saran, & Jiawei, 2015).



Lolium Multiflorum  
Recuperado de [www.pallano.altervista.org](http://www.pallano.altervista.org)

### LOLIUM MULTIFLORUM

En 2007, se realizó en la Paz, Bolivia, un estudio en base al uso de estructuras vegetales como bioindicadores de contaminación. Este trabajo obtuvo como resultado el comportamiento de la especie Lolium Multiflorum para la acumulación metales pesados en su estructura biológica, actuando como bioacumulador en espacios contaminados (Anze, et al., 2007).



Magnaclean  
Recuperado de [www.adey.com](http://www.adey.com)

### MAGNACLEAN

Filtros para la eliminación de partículas metálicas en suspensión en circuitos de calefacción de salas de calderas o en pequeños locales comerciales. Funciona en base a imanes que atraen a las pequeñas partículas de magnetita disueltas en agua.



Piedra Filtradora  
Registro fotográfico Macarena Muñoz

### PIEDRA FILTRADORA

Piedra porosa que tiene la capacidad de filtrar metales pesados debido a su estructura microporosa. Hoy esta piedra se encuentra exhibida en el Museo de Liray (RM, Chile) dentro de la colección campesina.



Estados del Material,  
Fotografía de registro personal



7.

---

LABORATORIO:  
HIPÓTESIS

---

## 7.1 Metodología de Trabajo

### 7.1.1 Protocolo Laboratorio



Figura 18:  
Metodología de Trabajo,  
Elaboración Propia

### 7.1.2 Muestras

Se prepararán tres muestras, para la primera muestra se busca magnetizar el biocarbón mediante la impregnación con Hierro (Fe). La segunda muestra también se magnetizará con hierro y se impregnará adicionalmente con Urea con el fin de generar una mayor cantidad de sitios activos de Nitrógeno para tener una mayor capacidad de adsorción del material. La tercera muestra se obtiene directamente de la biomasa en su estado inicial, buscando generar un biocarbón estándar que permita comparar los resultados obtenidos con las otras dos muestras.

**Muestra 1:** 2gr biomasa + 25% Fe

**Muestra 2:** 2gr biomasa + 25% Fe + Urea

**Muestra 3:** 2gr biomasa



### 7.1.3 Curva de Pirolisis

La curva de pirolisis establece las condiciones para el proceso de fabricación del biocarbón, es decir, tiempos y temperaturas respectivas. En este caso, existen cuatro etapas: el momento inicial con la temperatura ambiente, el tiempo de subida para alcanzar la temperatura máxima, luego se mantiene esta temperatura un periodo de tiempo y finalmente la temperatura de bajada en su tiempo respectivo (Gráfico 9).

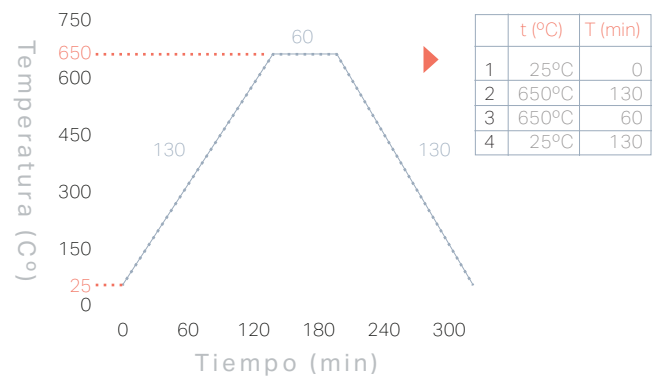


Gráfico 9:  
Curva de pirolisis,  
elaboración propia

### 7.1.4 Preparación Biomasa



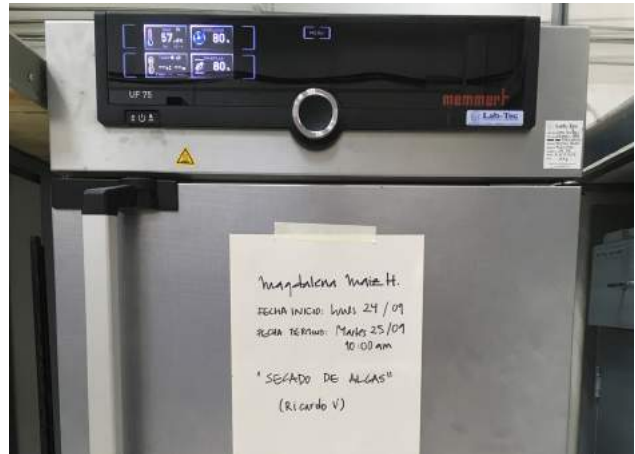
**1. Cosecha Huiro Canutillo:** Sacamos 1 kg de alga en peso húmedo las muestras restantes sujetas a las cuelgas de los cultivos de Horcón.



**2. Pre-secado:** Una vez cosechada secamos el alga extendida al sol durante 24 horas, con lo que se obtienen 100 gr de alga en peso seco.



**3. Cortar el alga:** de forma manual o utilizando tijeras en trozos de 5 a 8 mm de diámetro. El tiempo de trabajo para 100 gr de alga es de aproximadamente 2,5 horas.



**4. Secado:** Programar el horno de secado a 60°C durante 20 horas, trampilla en 80% y ventilador en 80%; se introduce el recipiente esterilizado con alga y deja secar.



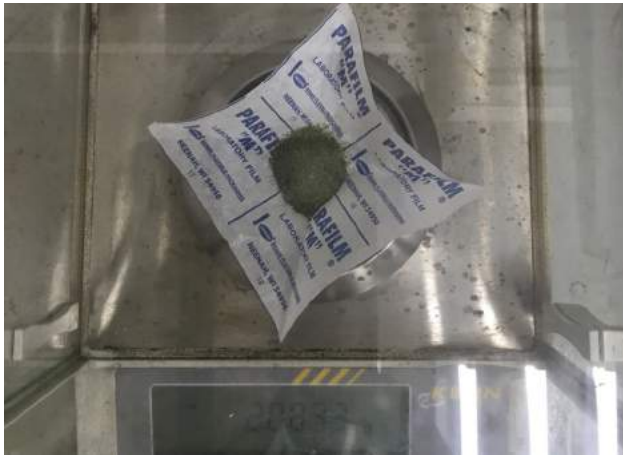
**5. Triturado:** Utilizando un mortero de ágata de un vaso de precipitación se tritura la biomasa seca hasta obtener un polvo de alga verde de 0,5 mm, Tarda entre 5-6 horas.



**6. Pesar:** En una balanza micro analítica se pesa la biomasa. Es importante seguir los protocolos apropiados (Ver Bitacora Anexo). Pesamos 3 muestras de 2gr c/u.



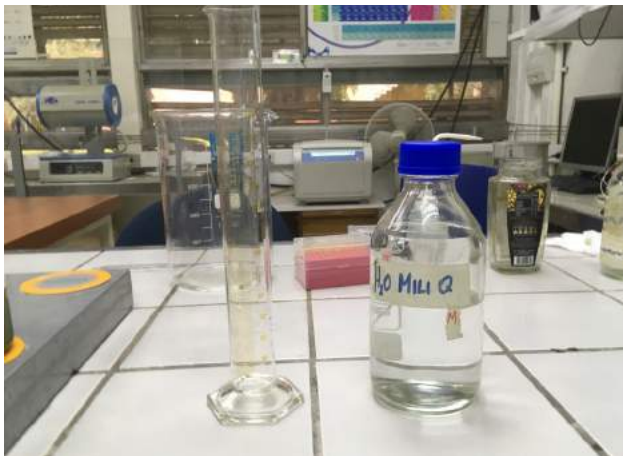
### 7.1.5 Impregnación Hierro (M1 -M2)



**1. Separar Bioamasa:** Se introducen los 2,0033 gr (M1) y 2,0022gr (M2) en dos vasos de precipitación de 600 ml etiquetado con el número 1 y 2, respectivamente.



**2. Separar Hierro (Fe):** Se obtiene de Sulfato de Hierro ( $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ ). El 25% de la muestra son a 0,5 gr de Fe, por lo tanto necesitamos 2,4890 gr de  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ .



**3. Disolución:** Con una probeta previamente lavada con Agua Mili Q se calculan 250 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Mili Q. En cada muestra (1 y 2) se introducen 250 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Mili Q.



**4. Secado:** Utilizamos un agitador múltiple para diluir las muestras. Se programan las bases a 600 rpm durante 24 horas y se introduce un imán en cada vaso.

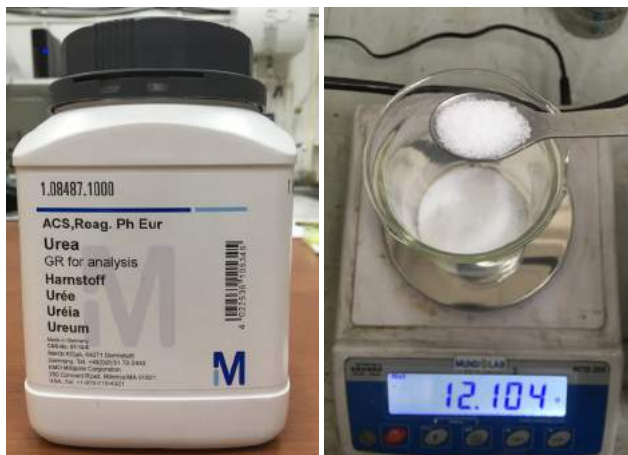


**5. Separación por precipitación :** Luego de las 24 horas de agitación separamos las muestras por precipitación. Eliminan un líquido con textura viscosa y aroma a alginato.



**6. Secado y triturado:** Se secan por 12 hrs en horno a  $60^\circ\text{C}$ . Luego se trituran por separado en un mortero de ágata hasta obtener un polvillo de color verde claro.

### 7.1.6 Impregnación con Urea (M2)



**1. Separar Urea:** Para la M2 (1,2190 gr) necesitamos 13,71375 gr de Urea, 30,475 ml de Ácido Acético (al 5%) y 30,475 ml de KOH (Hidróxido de potasio al 4%).



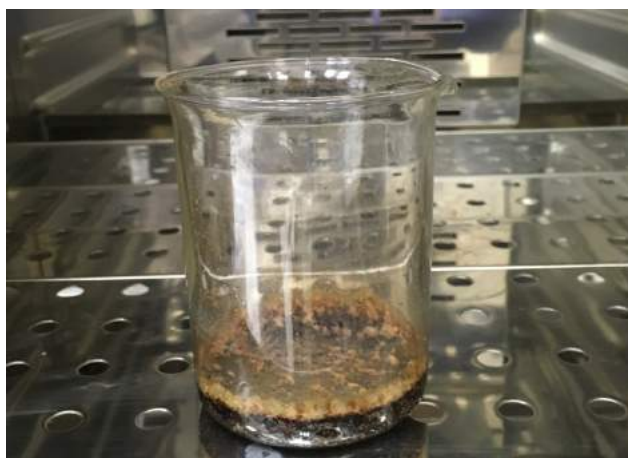
**2. Disolución Urea:** En un agitador disolvemos la Urea con el Ácido Acético (5%) durante 2 a 5 minutos.



**3. Incorporar Biomasa:** Una vez disuelta, incorporamos la biomasa (M2) en la solución y esperamos que se genere un líquido homogéneo (5 min).



**4. Incorporar Hidróxido de Potasio:** Agregamos el KOH (4%), una vez homogénea la mezcla se inicia el cuantaje durante 5 hrs, aumentando la temperatura la última hora.

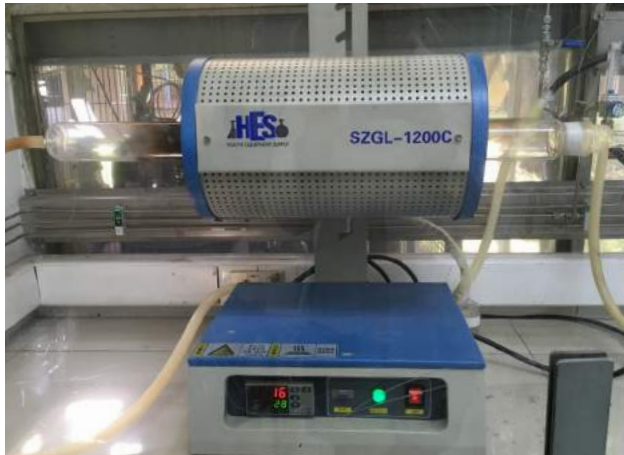


**5. Secado:** Luego de la impregnación, se lleva la muestra al horno programado a 100°C y ventilador 100%, durante 6 horas.



**6. Triturado:** Utilizando una espátula metálica se retira la muestra con urea del vaso. Trituramos utilizando un mortero de ágata hasta obtener una pasta uniforme.

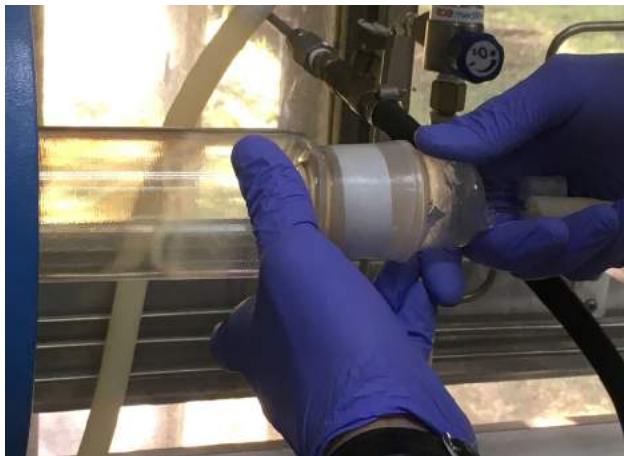
### 7.1.7 Pirólisis (M1-M2-M3)



**1. Programar horno tubular para pirolisis:** Se programa el horno según la curva de pirolisis establecida.



**2. Disponer muestra en una canoa:** En una canoa esterilizada por baño ácido se distribuye de forma uniforme la Muestra y luego se introduce en el horno.



**3. Sellar la entrada:** Con ayuda de cinta de teflón se sella el horno y se comprueba que no exista ninguna filtración.



**4. Abrir el flujo de Nitrógeno:** Comprobamos el flujo de N<sub>2</sub> (debe ser mayor a 1,5) y lo dejamos fluir durante 20 minutos para eliminar el O<sub>2</sub>. Comenzamos la pirolisis.



**5. Triturar Biochar:** Finalizada la pirolisis de cada una de las muestras, esperamos que estas se enfríen, luego se retira y tritura cada una.



**6. Pesar y Almacenar:** Posteriormente, se pesa y almacena el BC en una pipeta estéril y sellada.

## 7.2 Análisis de Resultados

### 7.2.1 Variación de peso (gramos) M1-M2-M3

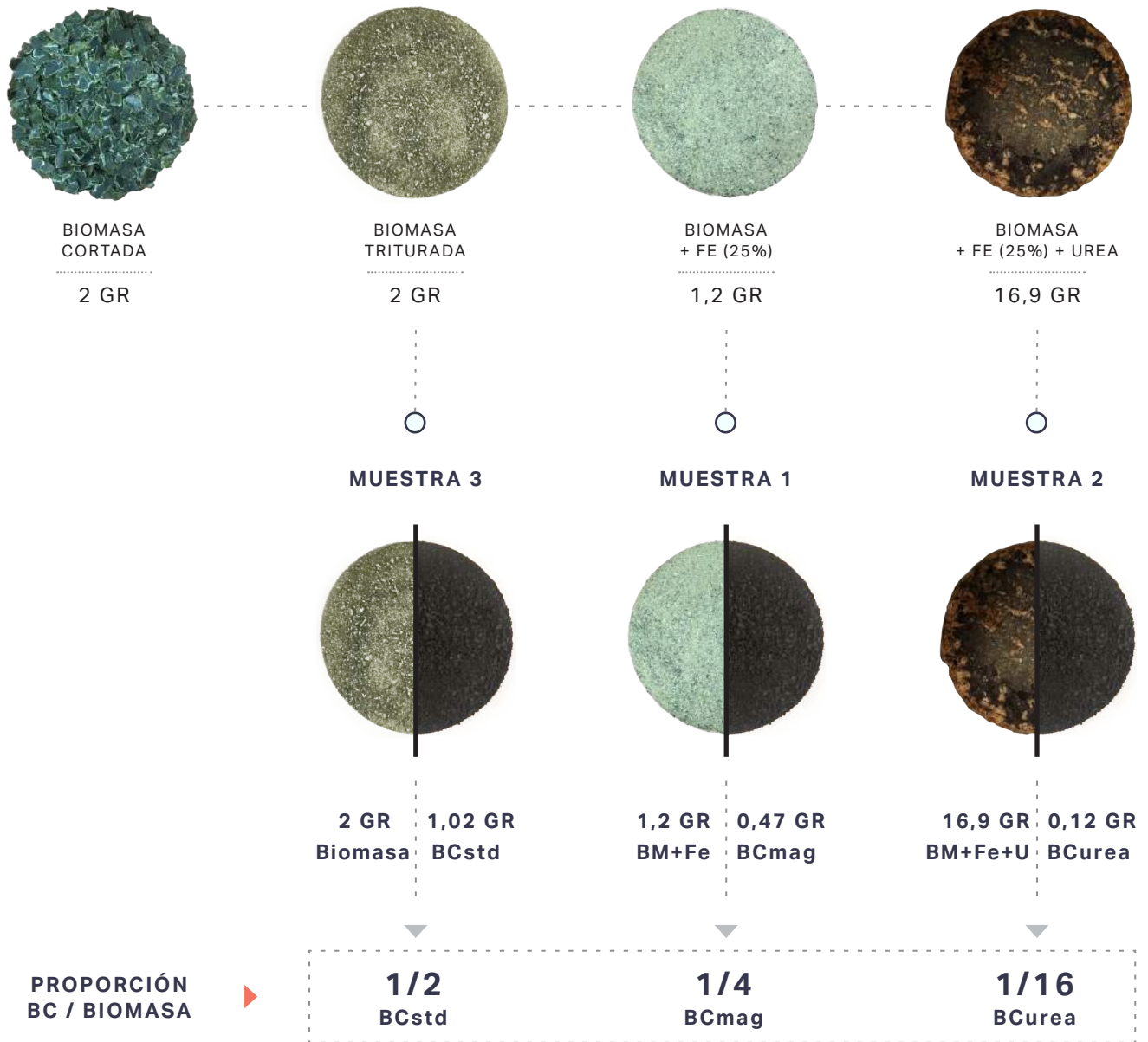


Figura 19:  
Tabla de Variación de peso (Gr)  
Elaboración Propia

El detalle de cada pesos se puede ver en la Bitácora, Anexo

## 7.2.2 Imágenes FESEM

Mediante un equipo FESEM de microscopía electrónica con emisión de campo del laboratorio de la Universidad Católica, logramos obtener imágenes microscópicas del material de dos formas: **imágenes SEM** (superficiales) e **imágenes STEM** (imágenes que atraviesan las primeras capas superficiales del material).

En ambos casos se utiliza un cañón que a través de una punta emite un rayo de electrones a 30 KV. Para las imágenes SEM dichos electrones son secundarios (SE).

Las muestras fueron tomadas a distancias de **200nm, 300 nm, 500nm, 1um y 2um.**

El estudio de estas imágenes se realizó junto al profesor Javier Recio.

### Análisis Imágenes

En la **Muestra 1** (BCmag1) se observan nanopartículas definidas de 72,01nm, 14,19nm, 9,712nm, 16,33nm, entre otras. Estas Nanopartículas (NP) son de magnetita generada por la adición de Hierro, por lo tanto, comprobamos que esta muestra es de **Biocarbón magnético**.

En la **Muestra 2** (BCurea) se cree observar nanopartículas difusas. En este caso lo que se generó con la adición de la Urea son sitios activo de Nitrógeno, sin embargo, la muestra **no logró magnetizarse**.

En la **Muestra 3** (BCstd3) se observan nanopartículas metálicas. Esta muestra es un **estándar** que nos sirve como **punto de comparación** para el Biocarbón Magnético.

A pesar de que la muestra 3 se obtuvo de la pirolisis únicamente de la biomasa, se puede apreciar presencia de NP metálicas, es por esto, que se realiza un análisis de composición superficial (EDX), para explicar la naturaleza de las nano partículas identificadas. En el análisis (EDX) se identifica la presencia de **Molibdeno (Mo), Cobre (Cu) y Aluminio (Al)**, provenientes del mar de la zona de Quinteros donde fueron cultivadas las algas, lo que explica la presencia de metales en la M3 (Ver en Anexo).

Las imágenes fueron registradas en el laboratorio de la Universidad Católica, San Joaquín (Ver Anexo).

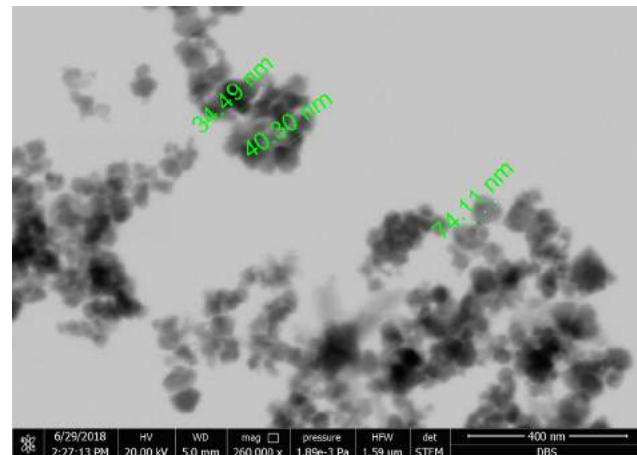


Imagen STEM Muestra 1, BCmag. Se observan nanopartículas .

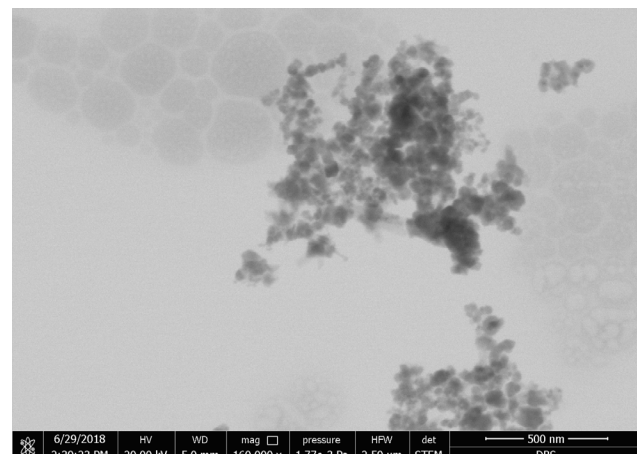


Imagen STEM Muestra 2, BCurea Se observan nanopartícula difusas.

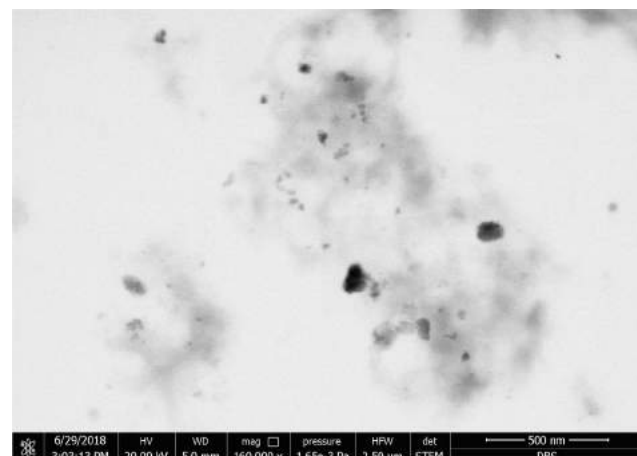


Imagen STEM Muestra 3, BCstd. Se observan nanopartículas metálicas.

## 7.3 Validación Hipótesis

### 7.3.1 Adsorción de Metales Pesados

Para validar la hipótesis se realizaron pruebas con las **Muestras 1 y 3 de Biocarbón** ya que la muestra 2 no se logró magnetizar. Ambas muestras se incorporaron en preaparaciones de **"agua de potable dopadas"**, a las que nos referiremos como **APD (contaminadas de forma manual)** con diferentes metales pesados. Estas pruebas se hicieron en el laboratorio de química de la PUC junto al profesor Carlos Rojas.

#### Técnica de análisis químico con electrodo de mercurio

La metodología utilizada para cuantificar la adsorción funciona en base a una solución controlada al interior de una celda (contenedor), en la cual existe una electrodo (se puede apreciar en forma de gota).

Lo que ocurre en la celda, es que, al introducir iones con carga (**metales pesados**) se genera una diferencia de energía, esto ya que, se aplica un potencial negativo sobre el electrodo, el cual genera la reducción de los metales presentes (los electrones pasan desde el electrodo hasta los iones que se acercaron neutralizándolos) ( $Cd^{2+} \rightarrow Cd^0$ ). Luego, se hace un barrido en la disolución con lo que los iones vuelven su estado inicial ( $Cd^0 \rightarrow Cd^{2+}$ ), generando la corriente respectiva que se expresa como **potenciales del electrodo (V)** (Ver Figura 20).

La distancia que se genera entre dos potenciales es lo que se conoce como **señal**, la cual indica el **peak** de

#### POTENCIAL DE ELECTRODO

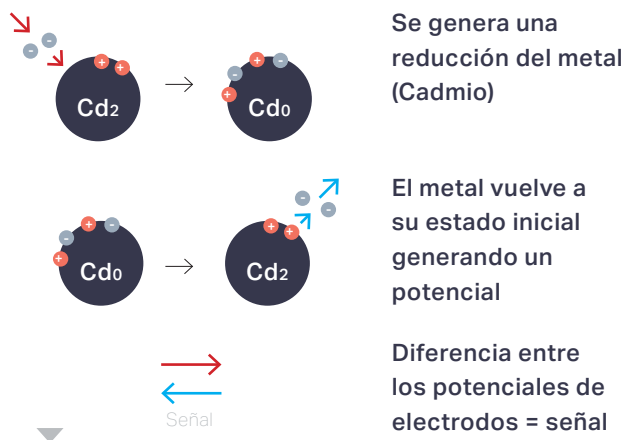


Figura 20:  
Diagrama explicativo  
potencial de electrodo  
Elaboración Propia

#### Protocolo

En una primera instancia, se realizan curvas cuyo gráfico se denomina **voltamperometría**, éste contiene las variaciones de corriente generadas producto de un cambio de potencial del electrodo (por la adición de muestra) (Ver Gráfico 10).

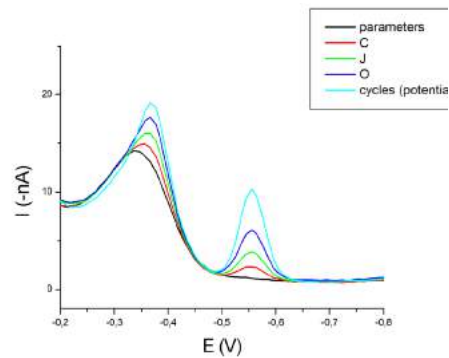


Gráfico 10:  
Ejemplo de Voltamperometría, en el eje Y: Intesidad (nA: Nanoamperes), en el eje X: Potencial de electrodo (V: Volts)  
Este gráfico fue realizado en el laboratoto de Química de la PUC

Luego, se realiza la **búsqueda de peaks**, el programa entrega datos de posición, altura y área de la curva, para términos de concentración la **altura** es el dato relevante.

Los datos obtenidos se grafican en **curvas de calibrado por método de adición de estándar (CC)**, esta determina la concentración del metal en la celda para poder concluir la **concentración** de la muestra utilizada. Las variables de cada curva representa en "Y" la Intesidad (nA) y en "X" la concentración del estándar ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (Ver Gráfico 11).

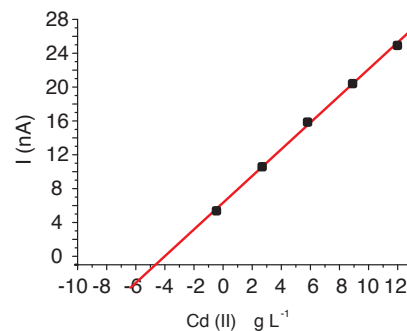


Gráfico 11:  
Ejemplo de Curva de Calibrado por método de adición de estándar (CC),  
Este gráfico fue realizado en el laboratoto de Química de la PUC

### 7.3.2 Desarrollo pruebas Cd(II) y Pb(II)



1. Preparación estandar de Pb(II) y Cd(II): Se prepara una muestra estandar de Pb(II) y Cd(II) en una concentración de 20ppb (0,02 mg /L).



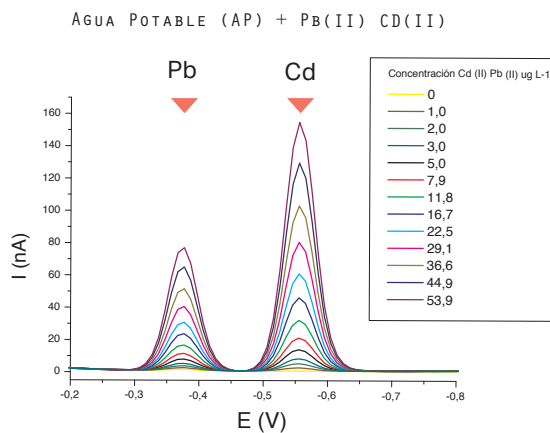
2. Muestras Agua Potable Dopadas (APD): Utilizando Agua Potable (AP) como base se realizan muestras de agua potable dopadas con el estándar ya preparado.



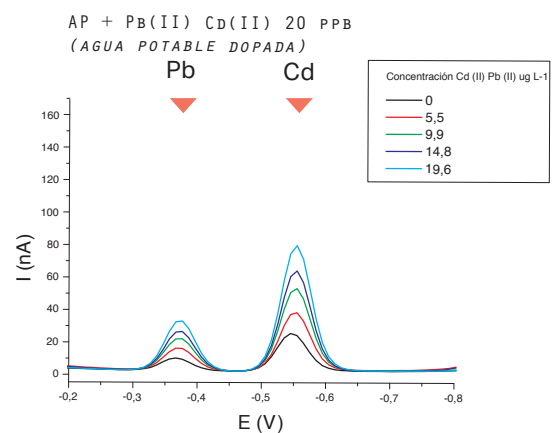
3. Se prepararon 4 muestras de agua:  
 M1: 30 mg BCmag + 15 ml APD  
 M2: 30 mg BCstd + 15 ml APD  
 M3: 30 mg BCmag + 15 ml AP  
 M4: 30 mg BCstd + 15 ml AP



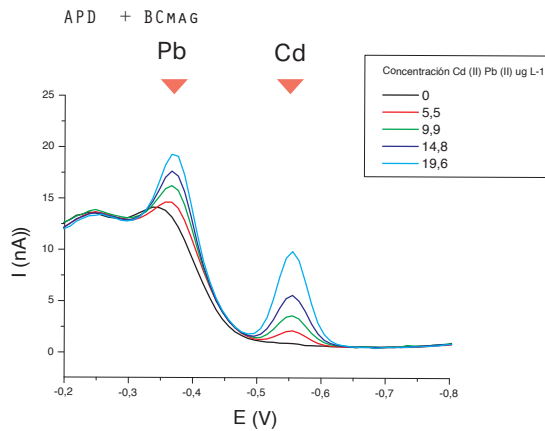
4. Agitación Muestras de Agua (AP -APD): Las cuatro se dejan en agitación magnética durante 1 hora.



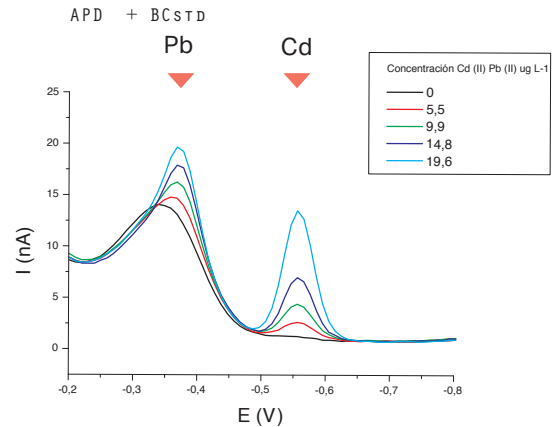
5. AP + Cd(II) Pb(II): Gráfico de voltamperometría utilizando agua potable como base, a la cual se le agregan progresivamente pequeñas dosis del estándar.



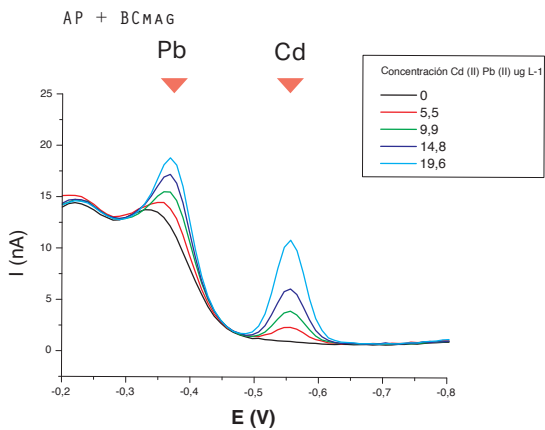
6. APD+ Cd(II) Pb(II): El segundo gráfico se utiliza APD como base y se agregan pequeñas dosis del estándar.



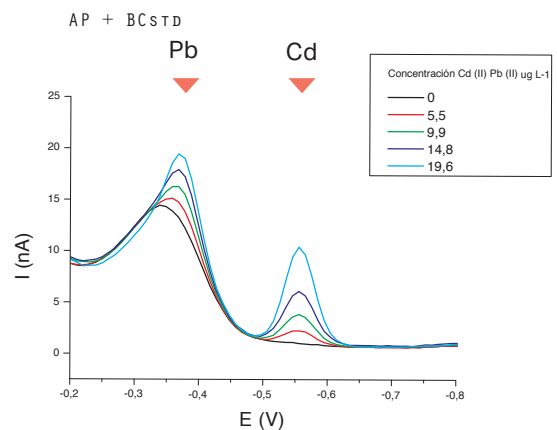
7. (APD + BCMAG) + Cd(II) Pb(II): El tercer gráfico utiliza la muestra de APD con BCMAG, luego de una hora de agitación.



8. (APD + BCSTD) + Cd(II) Pb(II): El cuarto gráfico utiliza la muestra de APD con BCSTD, luego de una hora de agitación.



9. (AP + BCMAG) + Cd(II) Pb(II): El gráfico cinco y seis representan las muestra de AP con BCMAG.



10. (AP + BCSTD) + Cd(II) Pb(II): El gráfico cinco y seis representan las muestra de AP con BCMAG.

## Conclusión

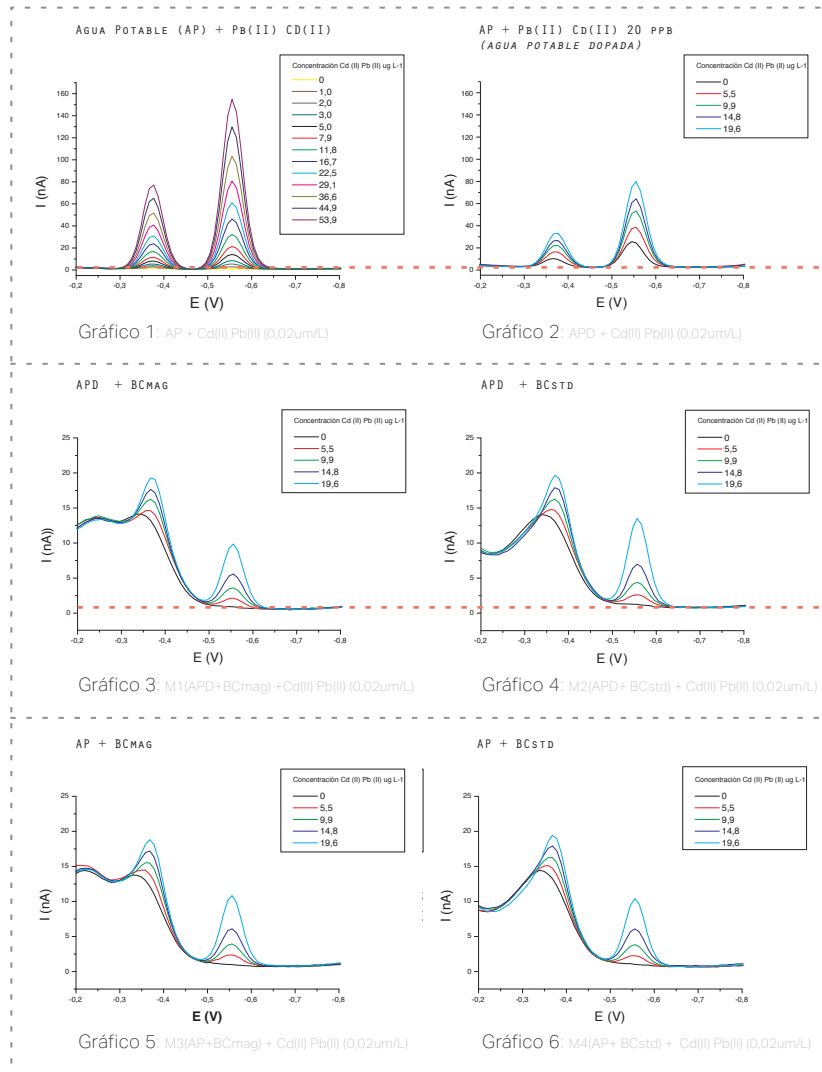
Se observó, de forma **cuantitativa** que existe una adsorción efectiva del Cadmio y el Plomo en las muestras de agua potable que fueron dopadas con el estándar. Además, el **Cadmio** presenta una señal clara que puede ser medida para obtener datos cuantitativos respecto a la capacidad de adsorción del material.

A partir de estas pruebas se realizaron pruebas con **Cadmio** para poder obtener resultados **cuantitativos** que nos ayudaran a determinar la **capacidad de adsorción del Biocarbón** (M1 y M2). Para estas nuevas pruebas se siguieron los mismos pasos ya descritos, pero en una concentración de cadmio mayor. Esta vez se prepararon muestras utilizando en el estándar Cd(II) en una concentración de **0,2 mg /L**. Al aumentar la concentración de Cadmio en el estándar podemos definir con mayor precisión la capacidad de adsorción del material.



## 7.4 Resultados

### 7.4.1 Resultados Cualitativos



A partir de las muestras realizada con Pb(II) y Cd(II) pudimos concluir de forma cualitativa que existe una evidente capacidad de adsorción por parte del BCmag y BCstd. Donde el Cd (II) presenta una señal limpia y medible. (Resultados cualitativos: Análisis del adsorbente (BC) en AP dopada con Cd(II) y Pb(II) 20 ppb).

En el **Gráfico 1** se observan aumentos lineales en las concentraciones de Plomo (-0,45 al -0,3) y Cadmio (-0,65 al -0,5), mientras que en el **Gráfico 2** hay una línea base que presenta una concentración evidente de Pb(II) y Cd (II) como concentración ya añadida a la muestra inicial presente en la celda.

En el caso del **Gráfico 3**, se puede apreciar un línea base cuyo nivel de Cadmio es evidentemente menor al del segundo gráfico. La señal del Pb se ve interferida por un elemento que forma parte del compuesto orgánico, lo que impide que éste sea cuantificable (BC).

El **Gráfico 4** presenta una línea base cuyo nivel de Cadmio es evidentemente menor al del segundo gráfico y menor que el tercero. Con lo que entendemos que la capacidad de adsorción del BCstd es mayor a la del BCmag.

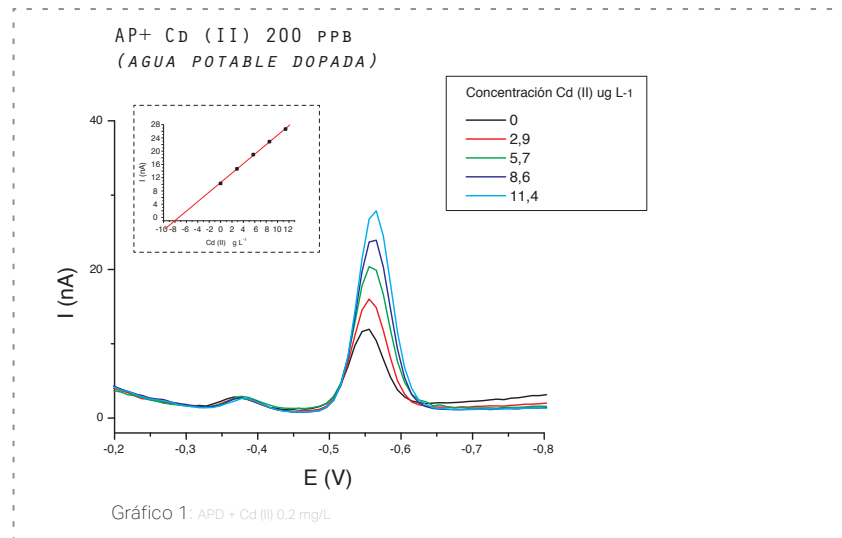
Para los **Gráficos 5 y 6**, ambos muestran líneas bases similares al gráfico tres y cuatro, con lo que confirmamos que en las muestras en que fueron dopadas y posteriormente agitadas con Biocarbón se efectuó un efectivo proceso de adsorción, el cual no podemos cuantificar ya que la señal no es limpia.

## 7.4.2 Resultados Cuantitativos

Las muestras realizadas con estándar de Cd(II) nos permitieron medir muestras en una **mayor concentración del metal (0,2 mg/Lt)**, con lo que cuantificamos la capacidad de adsorción del BCmg y BCstd.

De forma teórica la M1 contiene 200 ppb de Cd(II), de forma experimental la cantidad de Cd(II) es de 189 ppb, por lo que existe un **5% de margen de error** para el método utilizado (Gráfico 1).

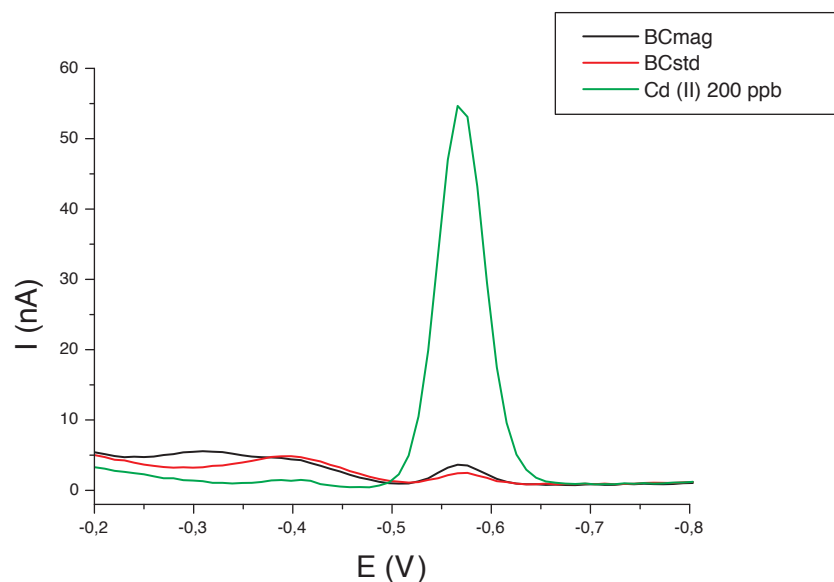
Las muestras medidas luego de que se aplicó el adsorbente (BCmag y BCstd) durante 1 hora en agitación mostraron un alto porcentaje de adsorción del metal por parte del Biocarbón. En la M1 (Gráfico 2), con 200ppb inicial, se cuantificaron 11,2 ppb de Cd(II), por lo tanto, el **BCmag** posee la capacidad de adsorber en un **95%**. En la M2 (Gráfico 3), con 200ppb inicial, se cuantificaron 5,34 ppb, por lo tanto, el **BCstd** posee la capacidad de adsorber en un **97%**.



**CAPACIDAD DE ADSORCIÓN (%)**

### Efecto del Biocarbón en Agua Potable Dopada (200ppb Cd (II))

En este gráfico podemos observar rápidamente la efectividad del material como adsorbente de Cadmio, en donde se evidencia que la capacidad del Biocarbón Estándar es mayor que la del Biocarbón Magnético en un porcentaje pequeño (3% aproximado).



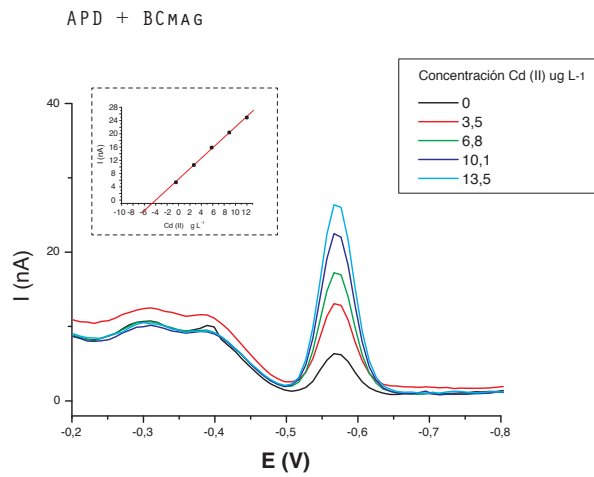


Gráfico 2: M1 (APD + BCmag) + Cd (II) 0.2 mg/L

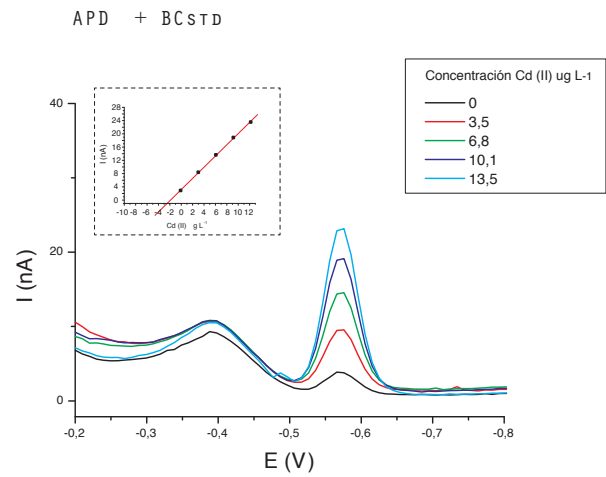


Gráfico 3: M2 (APD + BCstd) + Cd (II) 0.2 mg/L

**95%**  
**BCmag**

**97%**  
**BCstd**

Volumen de Biocarbón ► 1.000 L de agua

Para obtener una primera aproximación a la cantidad de BC necesario para limpiar 1.000 L de agua potable contaminada con altas concentraciones de metales pesados necesitamos obtener la cantidad de Cd adsorbida por 30 mg de BC en 15 ml de AP, estos son 0,00285 mg.

Luego, sabemos que la **norma europea de Cd(II)** en agua potable, al igual que la de As, es de **0,01 mg/L**, por lo tanto, si en un estanque que almacena 1000L existen 10mg de Cd(II) (valor sobre la norma), se necesitarían 105 gr de BCmag para absorber los metales existentes en el AP:

Norma Cd(II) / As: 0,01 mg/L ► en 1000 L son 10 mg de Cd(II)

Luego, si con 30 mg de BC capturamos 0,00285mg de Cd(II), entonces se necesitan 105.000 mg de Biocarbón para limpiar 1.000 Lt de agua, lo que equivale a **100 gr** aproximadamente (Figura 21).

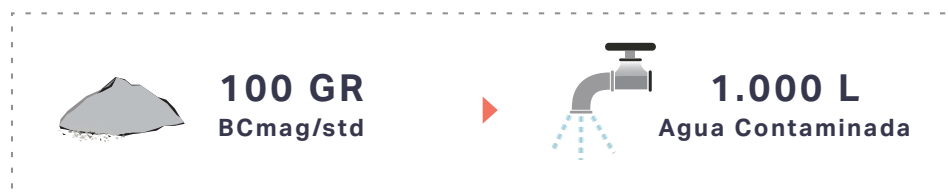


Figura 21:  
Cantidad de BC para 1m3 de agua,  
Elaboración Propia

### 7.4.3 Conclusión

A partir de los análisis realizados con Cadmio, se demuestra la capacidad de adsorción del material. Esto permite concluir que el Biocarbón producido podría funcionar para otros metales pesados a través del mismo mecanismo de adsorción. Se hicieron pruebas con Arsénico, sin embargo, este metal es más difícil de medir que el Cadmio ya que el metal tiende a oxidarse y variar (de As (III) a As(V)), esto no nos permitió obtener una señal clara ya que el potenciómetro sólo detecta Arsénico (III). Idealmente, en un futuro se realizarán pruebas con más metales pesados.

Por otra parte, el Biocarbón magnético posee una alta capacidad de adsorción (95%) y tiene la propiedad de separarse mediante magnetismo, lo que hace que sea más atractivo para la limpieza de aguas que el Biocarbón Estándar, ya que a diferencia del BCMag este hay que filtrarlo (proceso más complejo por el tamaño microscópico de los metales).

Para la implementación del Biocarbón Magnético es necesario imitar el modelo realizado en el laboratorio para la adsorción del Cadmio en una escala de interacción humana. A continuación se estudia la implementación del material en prototipos funcionales y diagramas.



Pruebas de atracción con polvo de bronce (P1),  
Fotografía de registro personal

8.

---

**DESARROLLO  
DEL PROYECTO**

---

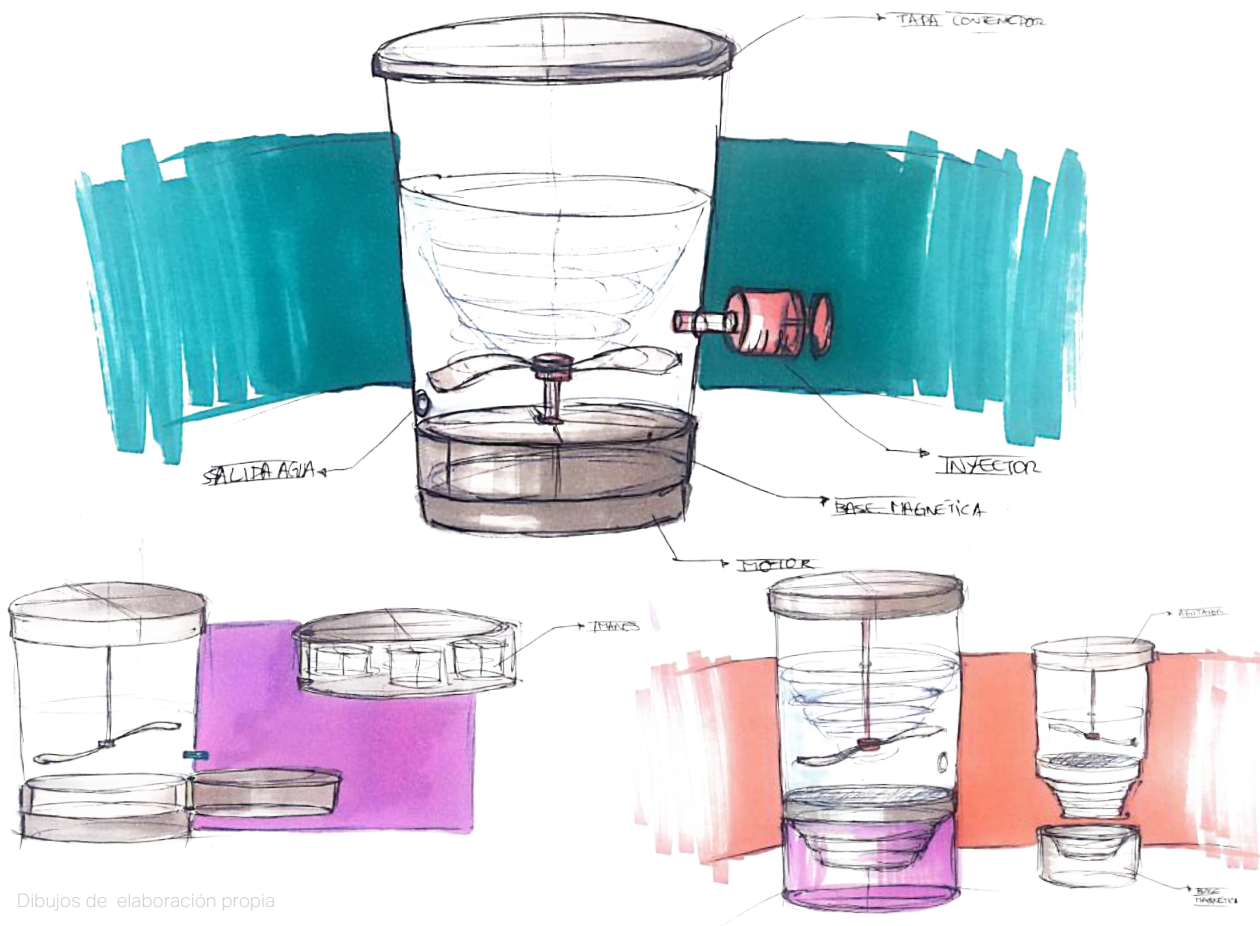
## 8.1 Prototipos Borradores

### 8.1.1 Concepto

La aplicación del Biochar magnético consta de cuatro acciones fundamentales:

-----○ INYECTAR -----○ AGITAR -----○ ATRAER -----○ RECOLECTAR

Cada acción posee sus propias variables. A continuación, se detallan diagramas de funcionamiento que dieron pie a los prototipos borradores con los que se analizaron y estudiaron estas variables. Esto tiene como objetivo, poder diseñar un sistema integrado de productos que permitan aplicar el Biochar Magnético y eliminar de manera exitosa los metales pesados presentes en el agua almacenada en estanques.



Dibujos de elaboración propia

Estos primeros acercamientos al prototipo plantean diversas opciones de agitación, utilizando imanes y hélices. La **atracción** fue uno de los principales **desafíos** debido al tamaño del imán que debía usarse para atraer desde la base del prototipo, ya que este **imán debe ser manipulable** por una persona para poder controlar la atracción y recolección dentro de las etapas de aplicación del Biochar.

### 8.1.2 Diseño de Prototipo (1)

Se construyó el prototipo (1), este es un prototipo funcional para estudiar la *inyección y agitación* (Ver Figura 22).

En las las pruebas realizadas con este prototipo se empleó *biochar estándar* para estudiar la *inyección, distribución y posicionamiento* del material. En una segunda etapa utilizamos *polvo de bronce* para simular el biochar magnético e intentar estudiar la atracción del material, sin embargo, la densidad y tamaño de las partículas del polvo de bronce son muy diferentes a las del biochar magnético, ya que estas tienden a aglomerarse formando coágulos y su capacidad de atracción es menor que la del biochar magnetizado. Es por esto que la atracción y recolección se estudió mediante la construcción de un segundo prototipo.

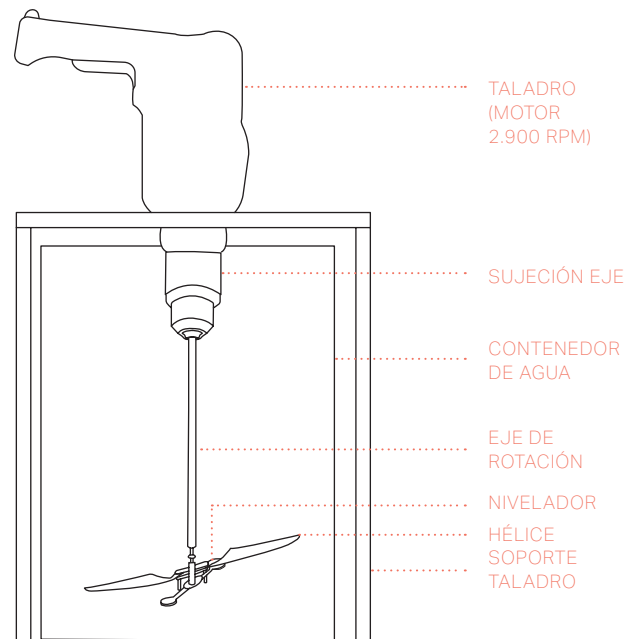


Figura 22:  
Prototipo 1, Elaboración Propia.  
Ver detalle de medidas en:  
Plánimetrías Prototipo 1, Anexo



### 8.1.3 Inyectar

*Inyectar el biochar magnético al interior del estanque.*  
Se evaluaron dos tipos de metodologías para inyectar el biochar.

Metodología:

#### 1. En pausa:

El material se inyecta en el agua previo a la agitación, permitiendo que este decante hasta el fondo del estanque. Transcurrido 5 minutos desde su aplicación comienza la agitación.

#### 2. En movimiento:

Luego del primer minuto de agitación se inyecta el biochar desde la parte superior del estanque.

**Volumen de Biocarbón** según el volumen de agua disponible en el estanque:

- 1 gr de BC para 9,5 Lt de agua (Capacidad Total)
- 0,75 gr de BC para  $\frac{3}{4}$  estanque
- 0,5 gr de BC para  $\frac{1}{2}$  estanque
- 0,25 gr de BC para  $\frac{1}{4}$  estanque

El volumen de biochar inyectado se determina en base a los estudios experimentales realizados para la adsorción del Cadmio. Por lo tanto, estos valores están sujetos a variación según los estudios futuros que se puedan llevar a cabo.

### 8.1.4 Agitar

*Es necesaria la distribución uniforme del biochar en el interior del estanque, de esta manera las partículas magnéticas de biochar logran adsorber los metales pesados dispersos de forma aleatoria en el agua del contenedor. Debido a la densidad del agua y del material se hace necesaria una velocidad superior a los 600rpm para lograr una agitación mínima.*

#### Efecto Vórtice o Vortex

El movimiento constante de la hélice forma una curva tridimensional denominada vórtice. Ésta, es una figura de espiral rotatoria generada por un flujo continuo de aire. En el interior del estanque se genera esta figura por efecto de la agitación, la variable que vamos a estudiar para determinar el vórtice óptimo, es el **desplazamiento del centro del vórtice (vértice) en relación al eje de rotación** que sostiene la hélice. Este desplazamiento nos permite comprender el tamaño del vórtice, entre mayor sea este desplazamiento, mayor es la curva que se genera y por lo tanto, la agitación del agua y dispersión del material es mayor.





## 8.1.5 Análisis ( V-C-P)

### Análisis de curva: Vórtice Óptimo (V)

Tipos de curva según dos variables, el nivel de agua y la velocidad de agitación:

#### 1. Nivel de Agua (Litros)

- 1.1 Mínimo:  $\frac{1}{4}$  capacidad del estanque (2,4 L ▶ 250 L)
- 1.2 Medio:  $\frac{1}{2}$  capacidad del estanque (4,8L ▶ 500 L)
- 1.3 Máximo:  $\frac{3}{4}$  capacidad (7L ▶ 750 L)

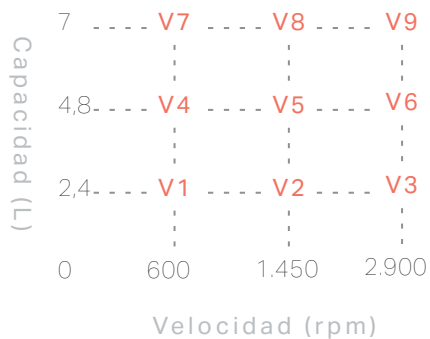
*El estanque siempre contiene entre  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{4}$  de su capacidad, de esta forma se evita que sobrepase su volumen total o que se vacíe generando un desequilibrio en la bomba del pozo.*

#### 2. Velocidad (rpm)

- 2.1 Mínimo (600 rpm)
- 2.2 Medio (1.450 rpm)
- 2.3 Máximo (2.900 rpm)

En total se realizaron **nueve curvas** (Ver Figura 23) diferentes con el prototipo durante **60 segundos** cada una, desde principio a fin, siendo el segundo inicial el 0' y el final el 60'.

### TIPOS DE CURVAS (V)



Tipos de curva según capacidad (L) y velocidad (rpm, elaboración propia)

### Distribución del material: Comportamiento (C)

Es la forma en la que se comporta el material **durante la agitación**, para dos tipos de niveles de agua en los que se genera una mayor propagación de éste (Nivel medio y máximo) y dos formas de inyección (en pausa y en movimiento).

- C1 ▶ Nivel Medio / Inyección en Pausa
- C2 ▶ Nivel Medio / Inyección en Movimiento
- C3 ▶ Nivel Máximo / Inyección en Pausa
- C4 ▶ Nivel Máximo / Inyección en Movimiento

(Ver Figura 24)

### Posicionamiento del Material (P)

Análisis de la forma en la que **decanta** el material al interior del contenedor una vez que la agitación se detiene.

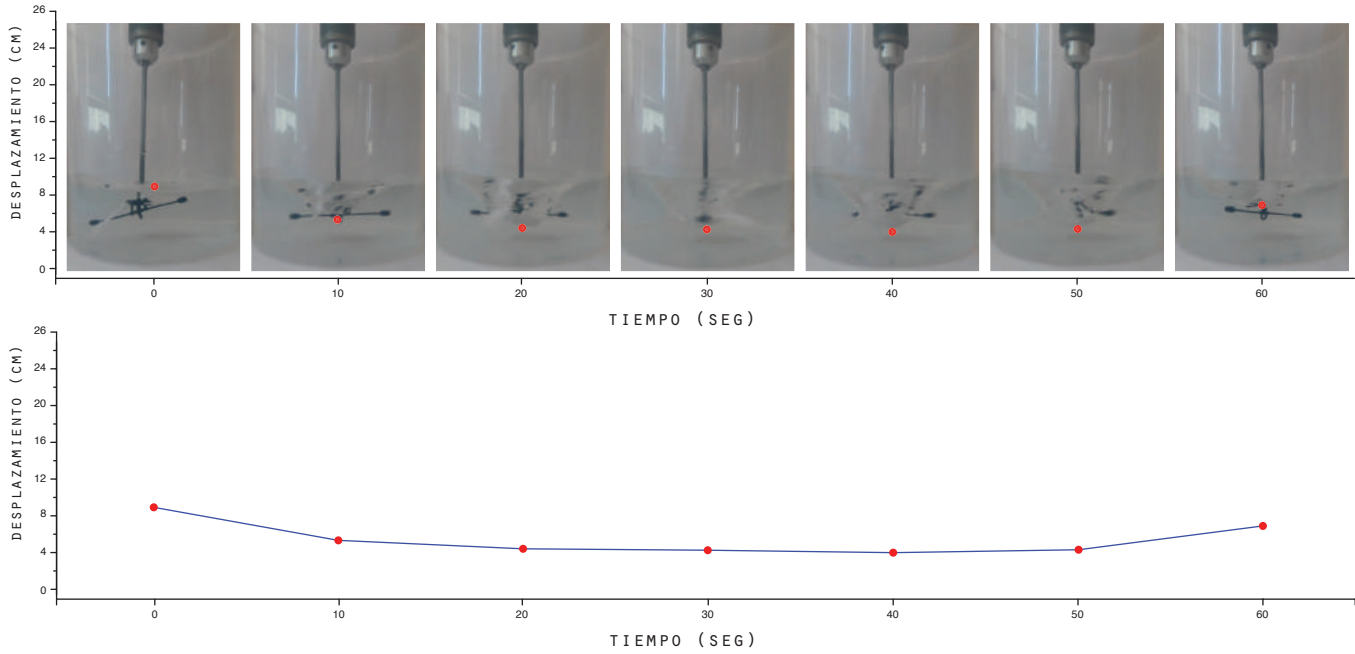
- P1 ▶ Nivel Medio / Inyección en Pausa
- P2 ▶ Nivel Medio / Inyección en Movimiento
- P3 ▶ Nivel Máximo / Inyección en Pausa
- P4 ▶ Nivel Máximo / Inyección en Movimiento

(Ver Figura 25)

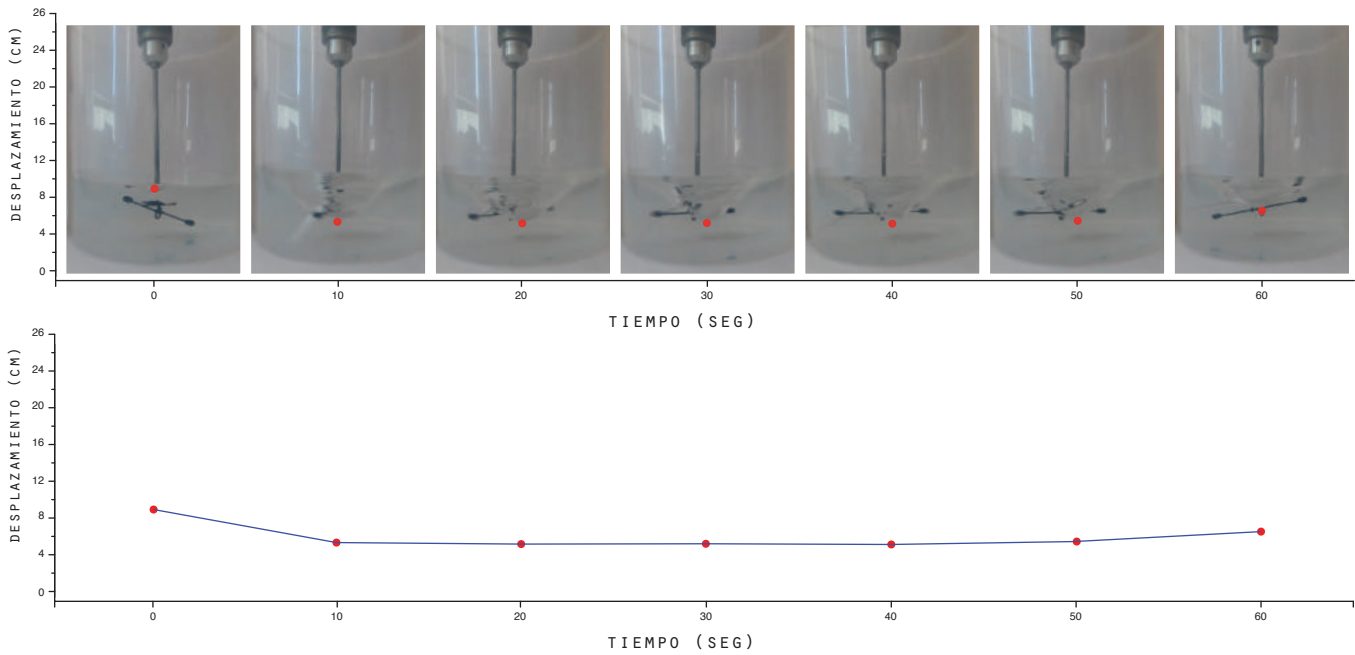
## ANÁLISIS DE CURVA: VÓRTICE

Figura 23:  
Análisis Curva: Vórtice Óptimo,  
Elaboración Propia

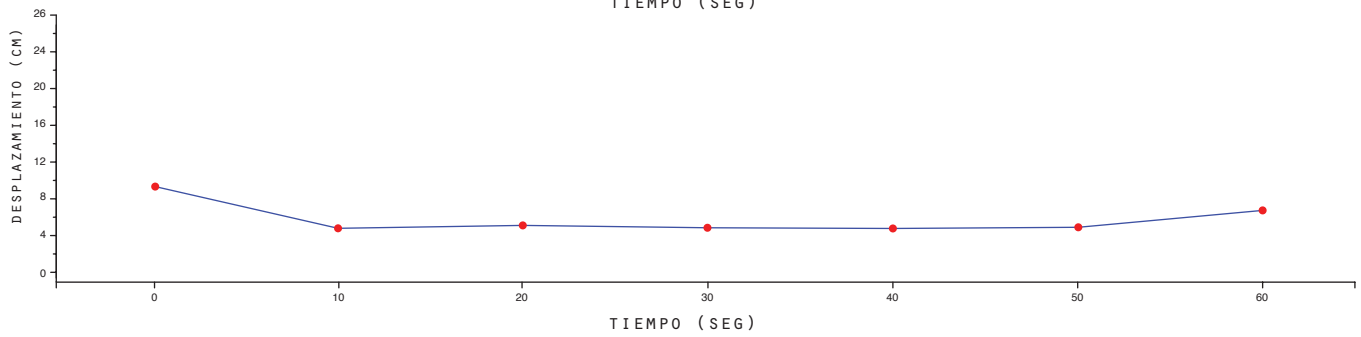
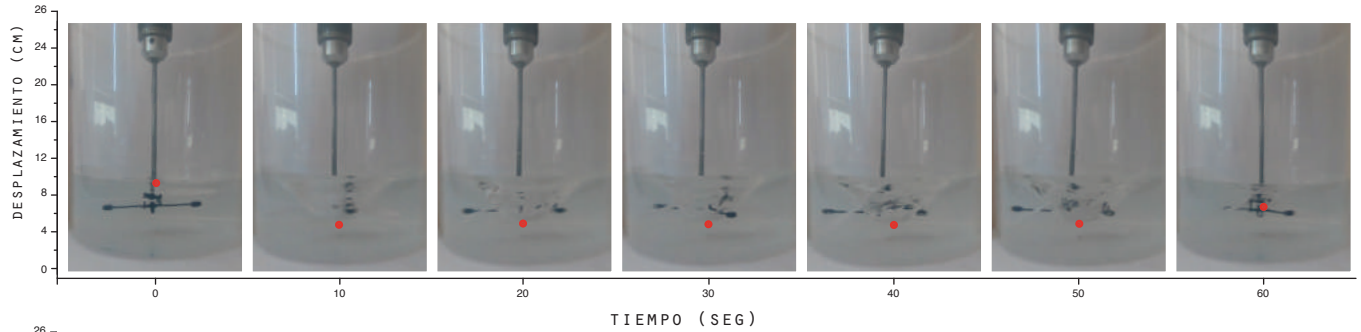
### Vórtice 1



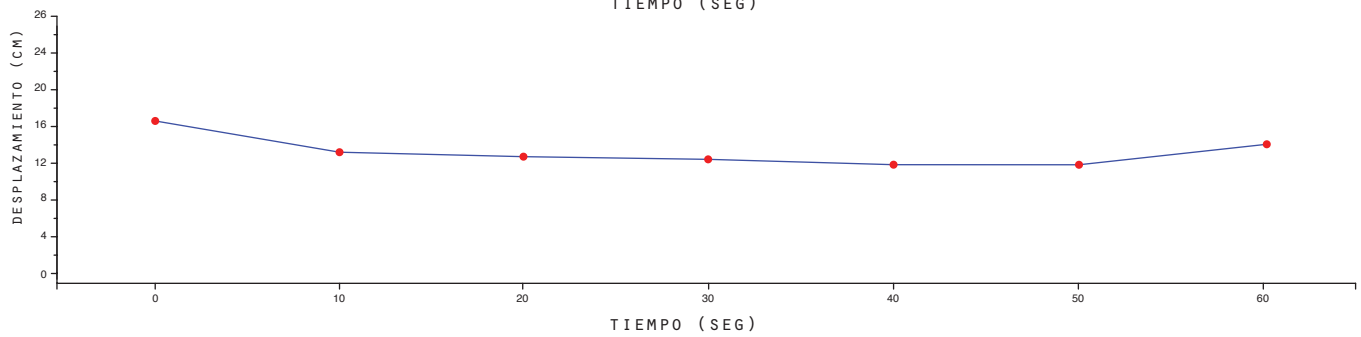
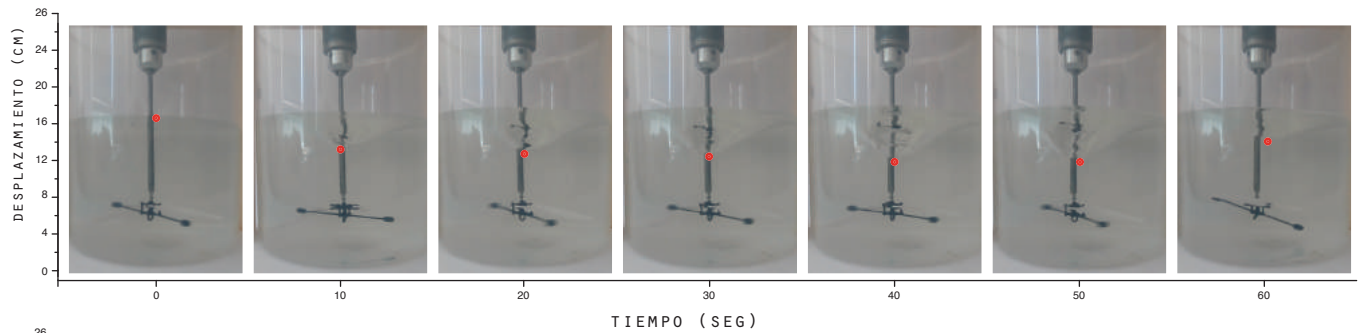
### Vórtice 2



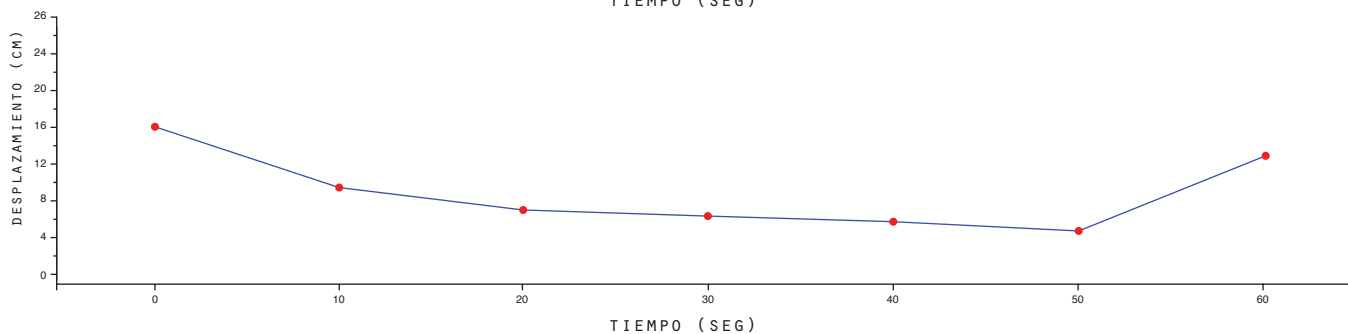
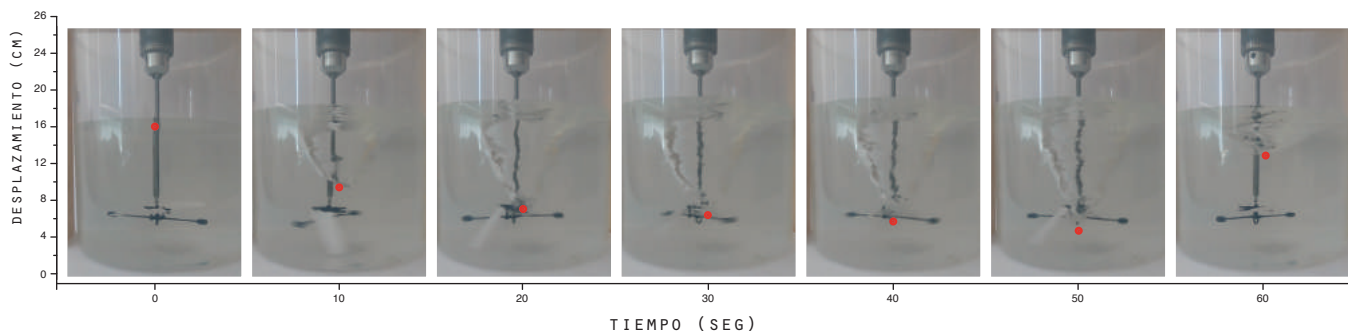
### Vórtice 3



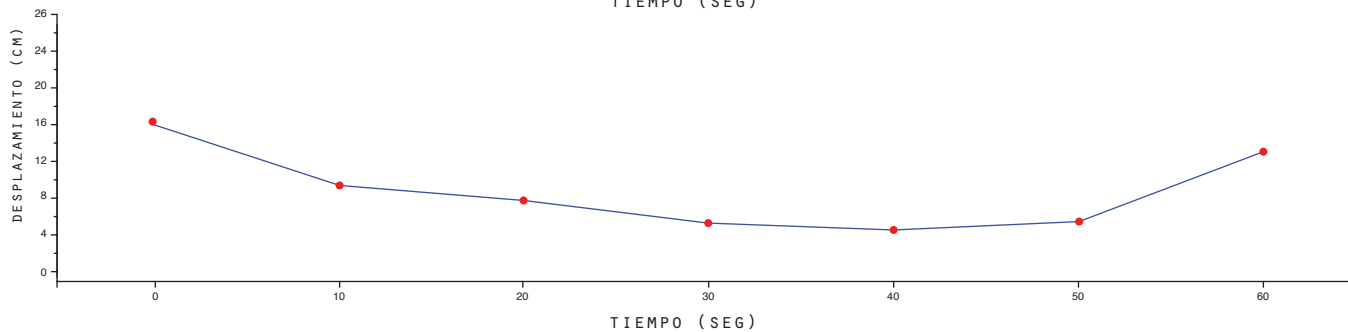
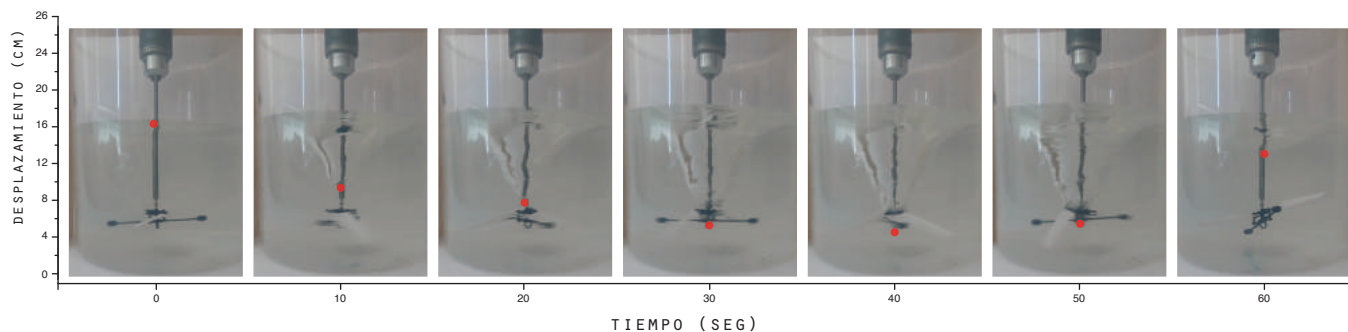
### Vórtice 4



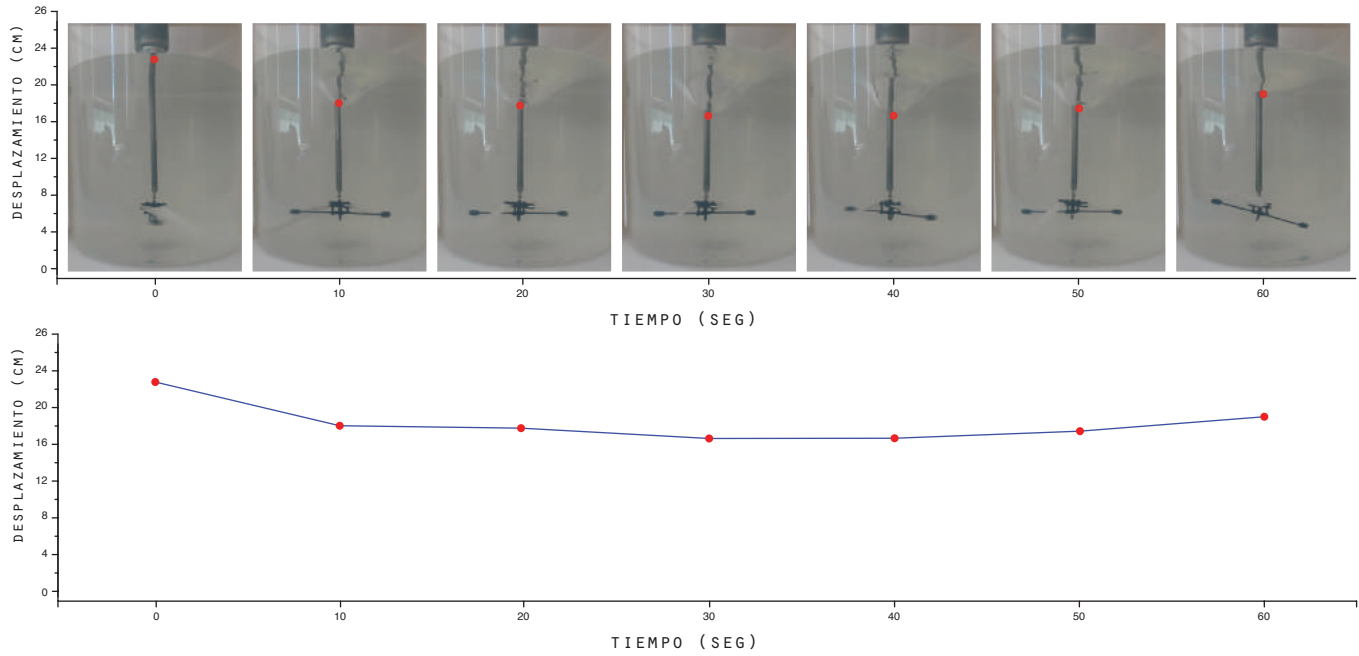
### Vórtice 5



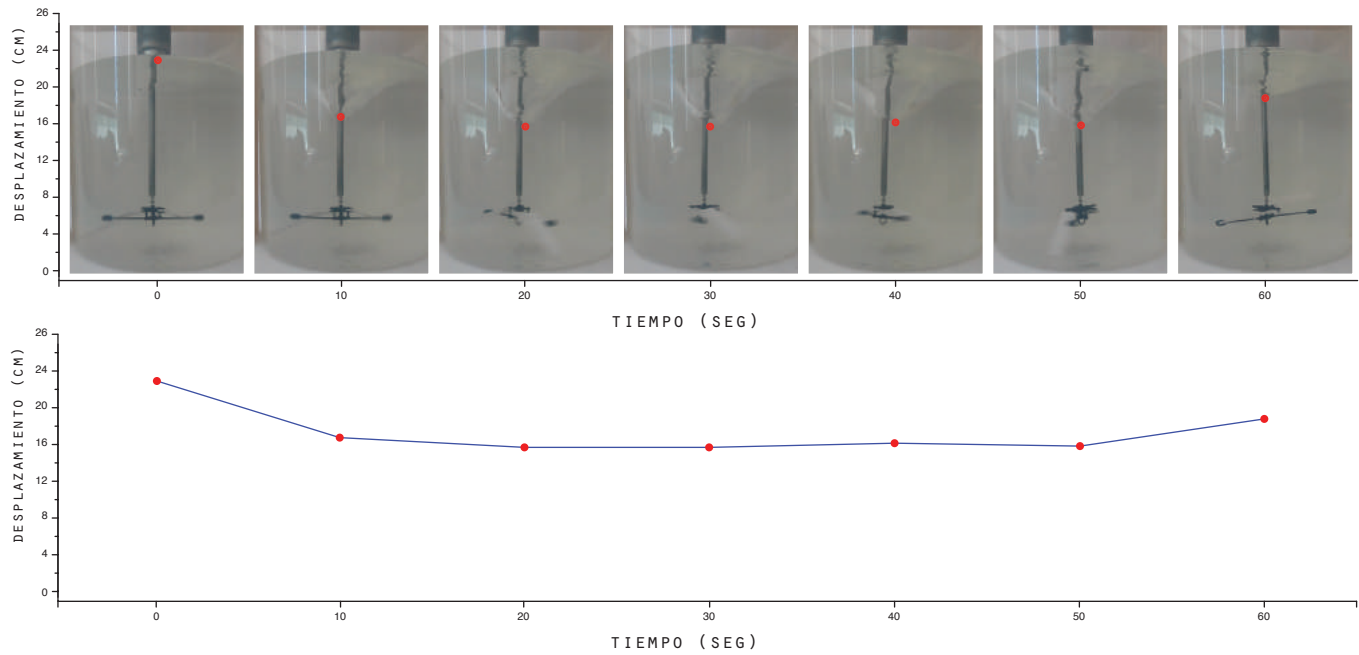
### Vórtice 6



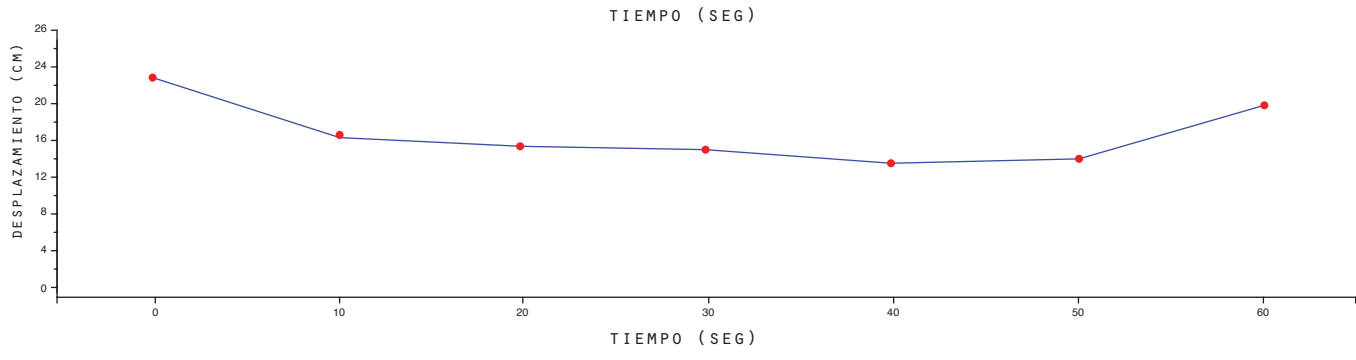
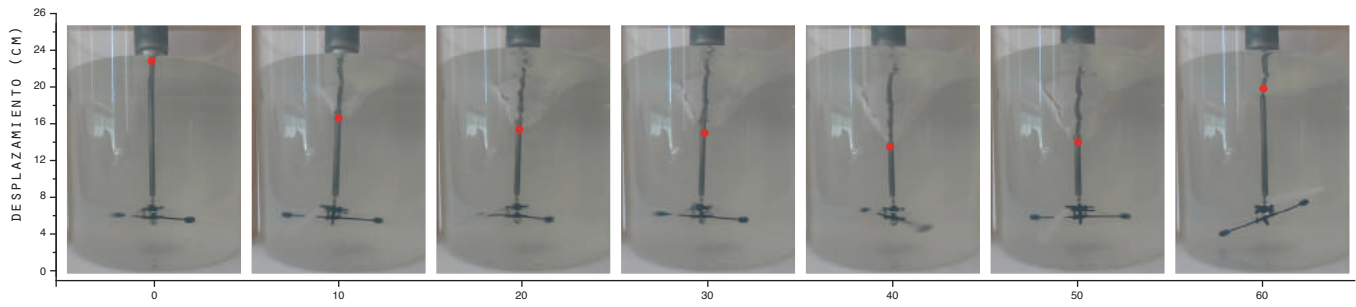
## Vórtice 7



## Vórtice 8



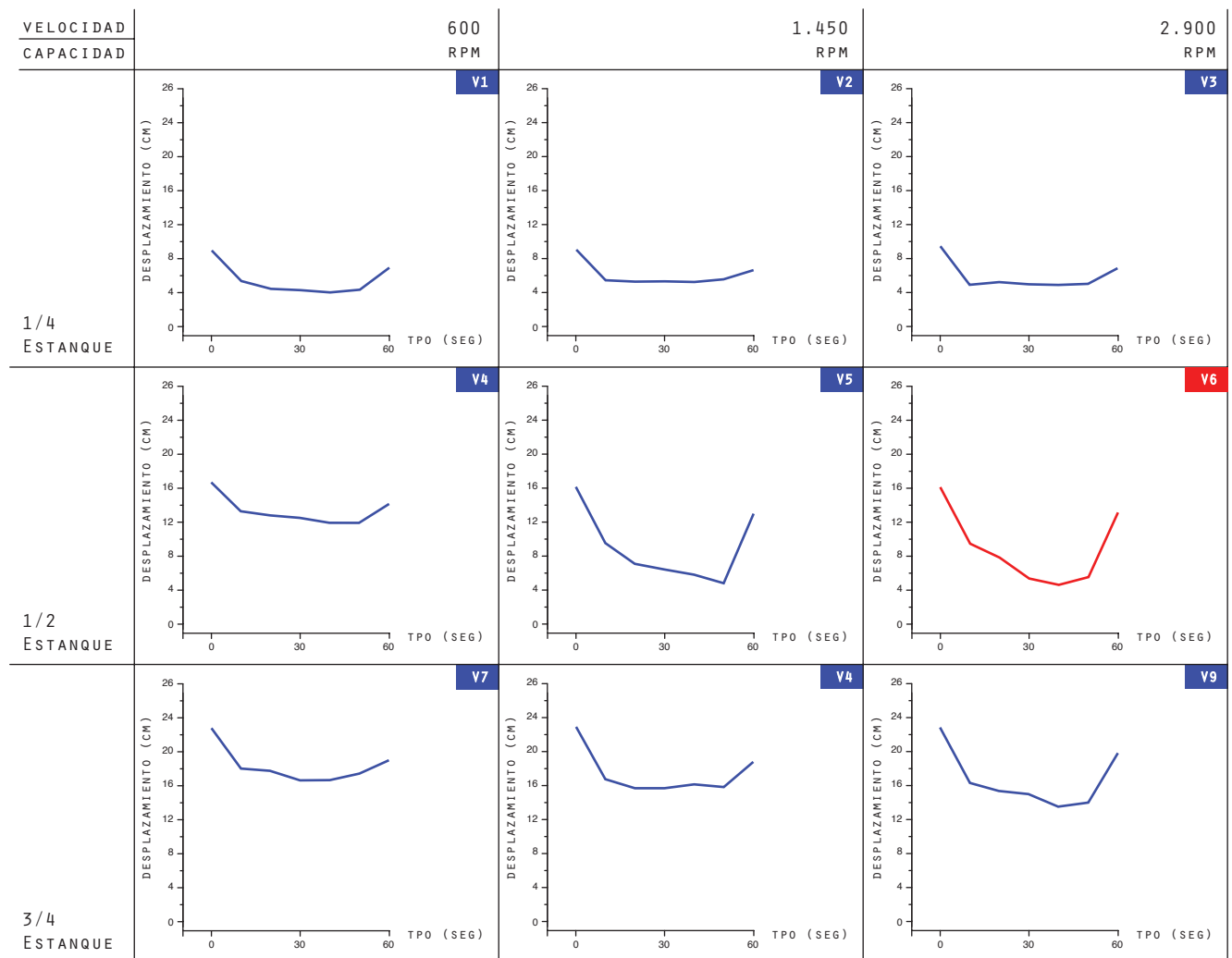
## Vórtice 9



## ANÁLISIS RESULTADOS

### VÓRTICE ÓPTIMO

A partir de los resultados obtenidos, podemos determinar que el vórtice óptimo para la distribución uniforme del biochar en volumen total del estanque es el V6, cuyas condiciones son: el estanque en su capacidad  $\frac{1}{2}$  y a velocidad constante de 2.900rpm. El V5 y V9 también generan un efecto vórtice similar al del V6, por lo tanto, bajo estas condiciones también se obtiene una eficiente dispersión del biochar.

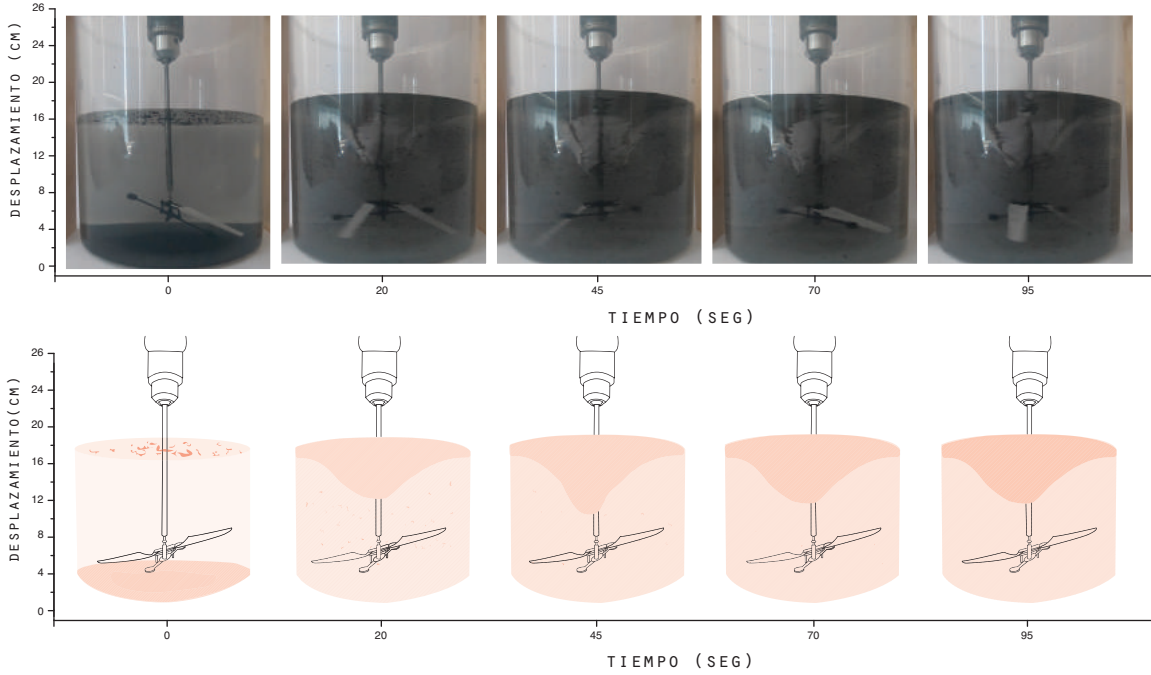


▼  
Análisis Comparativo del desplazamiento  
del vertice de cada vórtice,  
Elaboración Propia

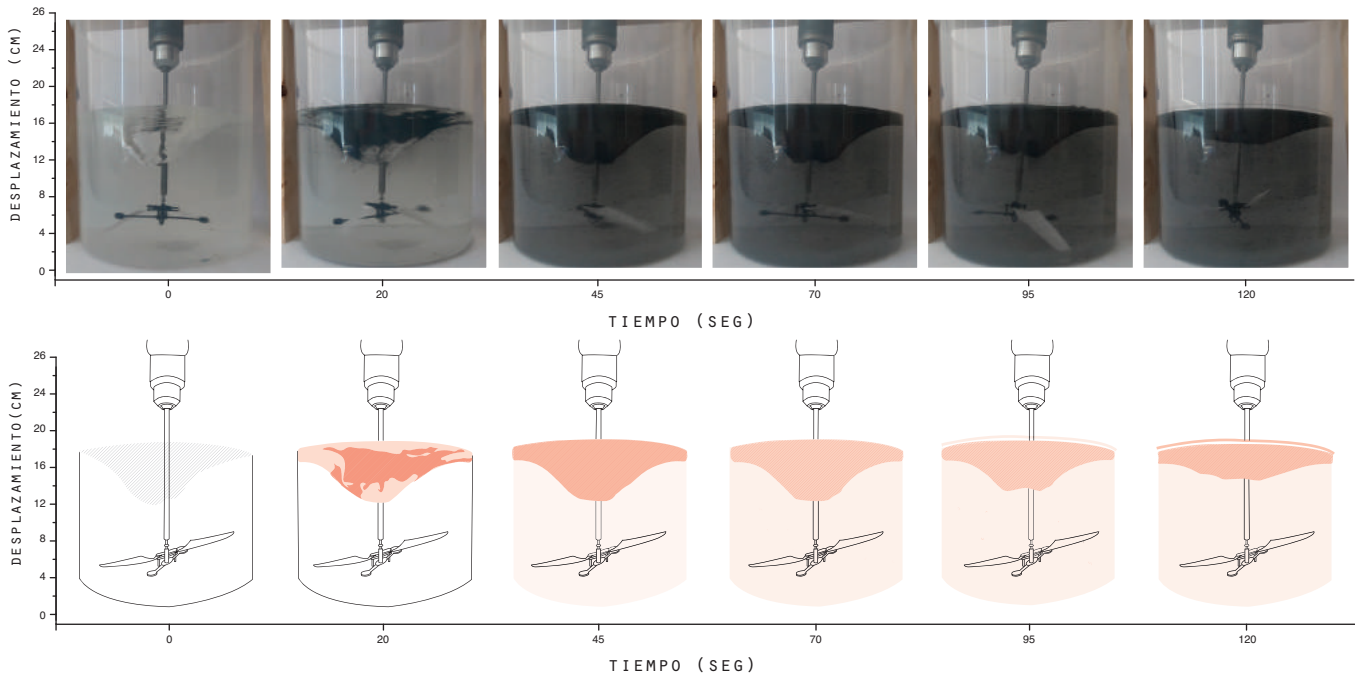
Figura 24:  
Distribución del Material:  
Comportamiento,

### DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL: COMPORTAMIENTO

#### Comportamiento 1

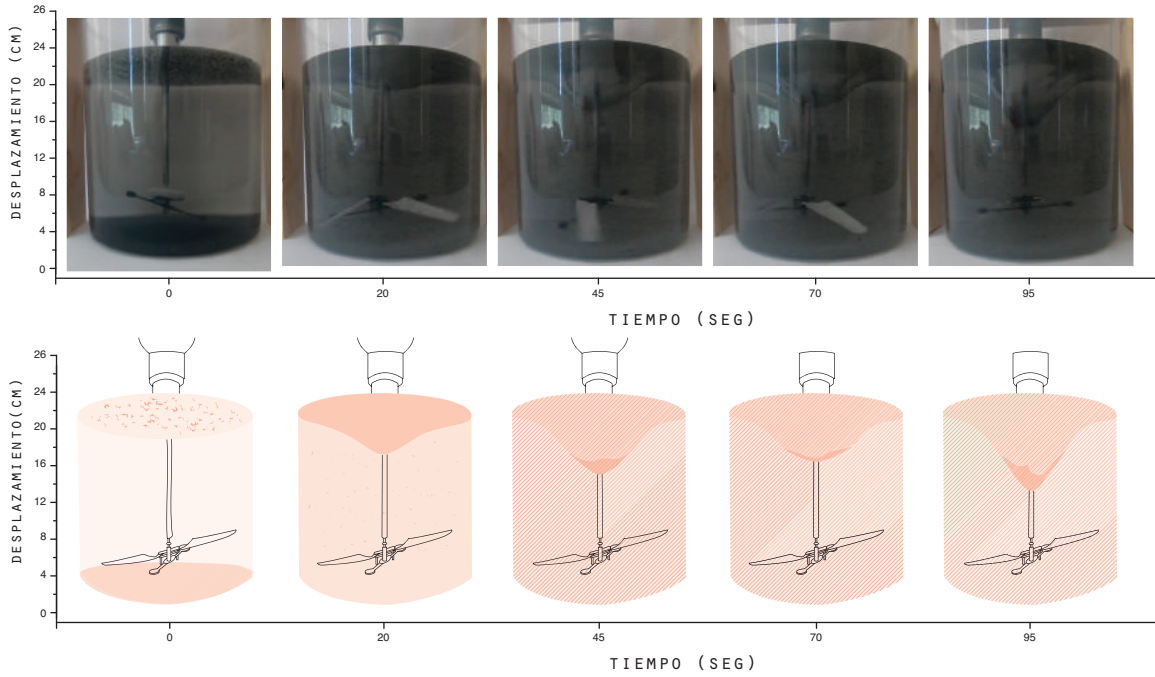


#### Comportamiento 2

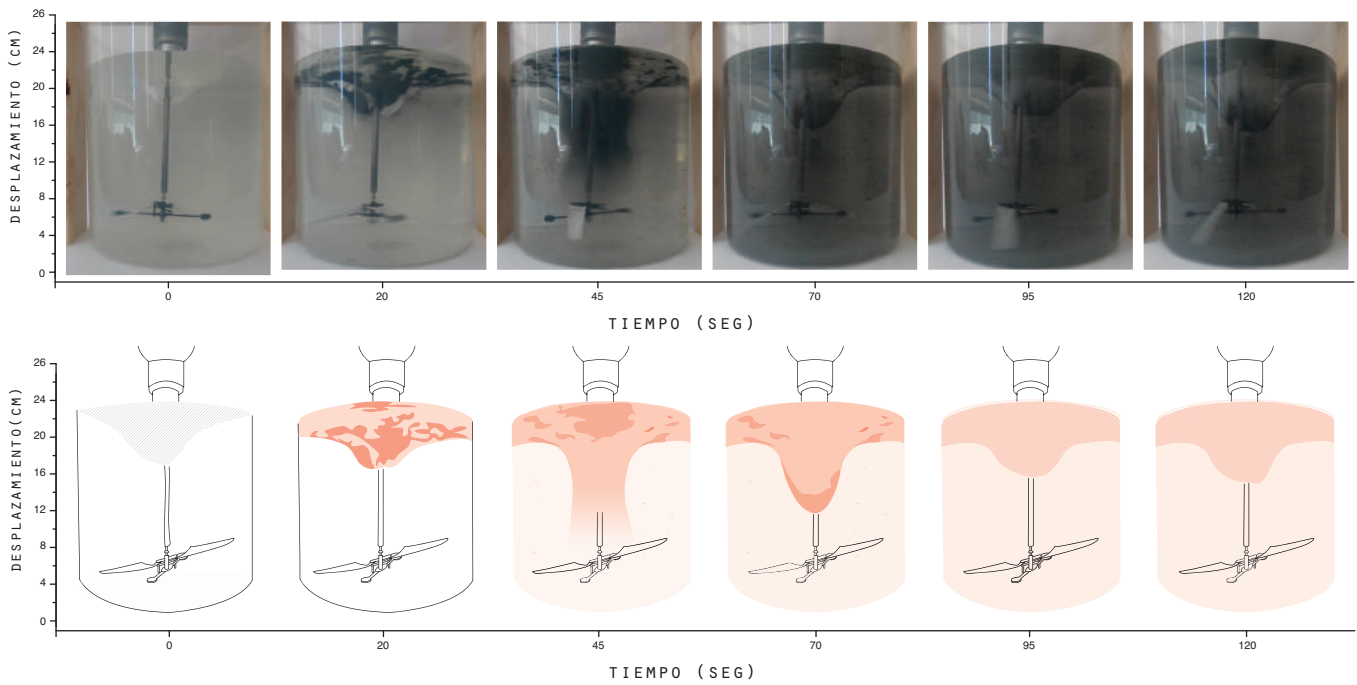




### Comportamiento 3



### Comportamiento 4



## ANÁLISIS RESULTADOS

### COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL

Respecto al tipo de inyección que debe utilizarse, se observa que cuando la inyección es en pausa (C1 y C3), sin importar la el volumen de agua en el estanque, la agitación es más eficiente en cuanto a dispersión del material que cuando la inyección del biochar es en movimiento (C4 y C5), ya que en esta última gran parte del material se queda suspendido en la superficie.

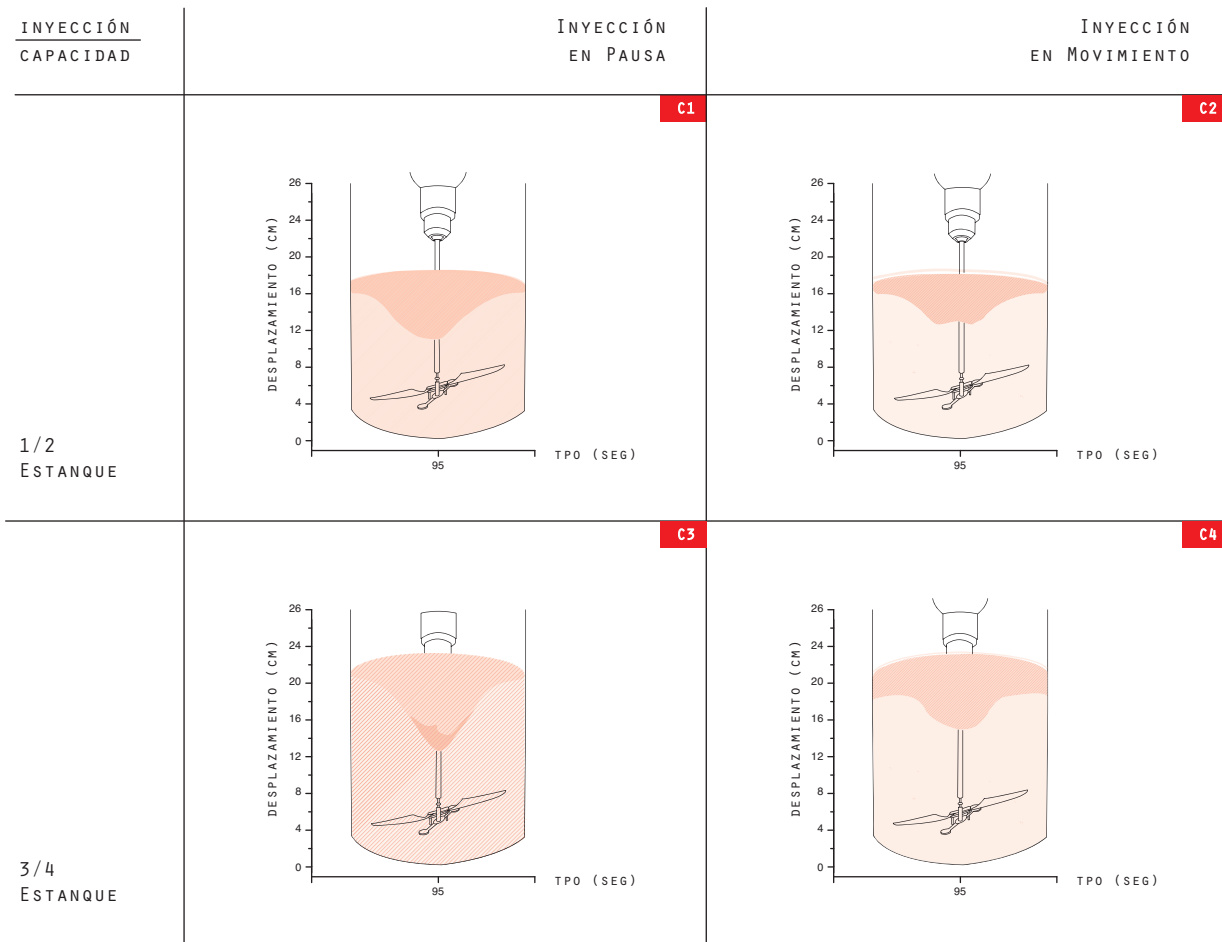
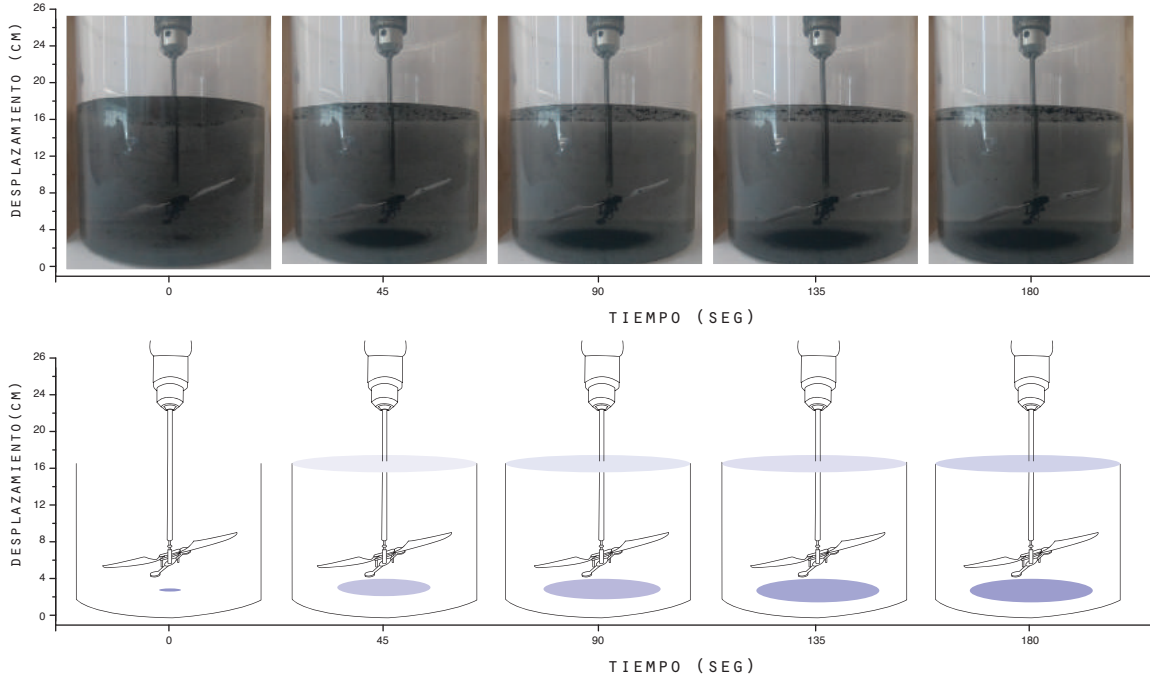


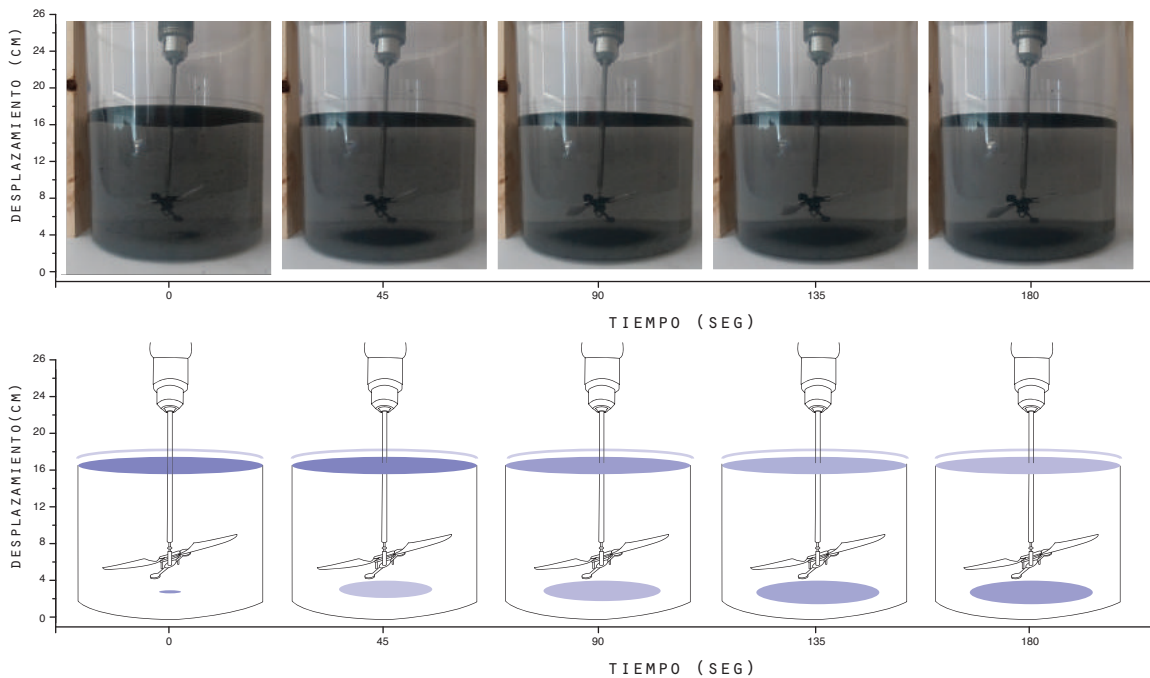
Figura 25:  
Decantación del material: Posicionamiento,  
Elaboración Propia

## DECANTACIÓN DEL MATERIAL: POSICIONAMIENTO

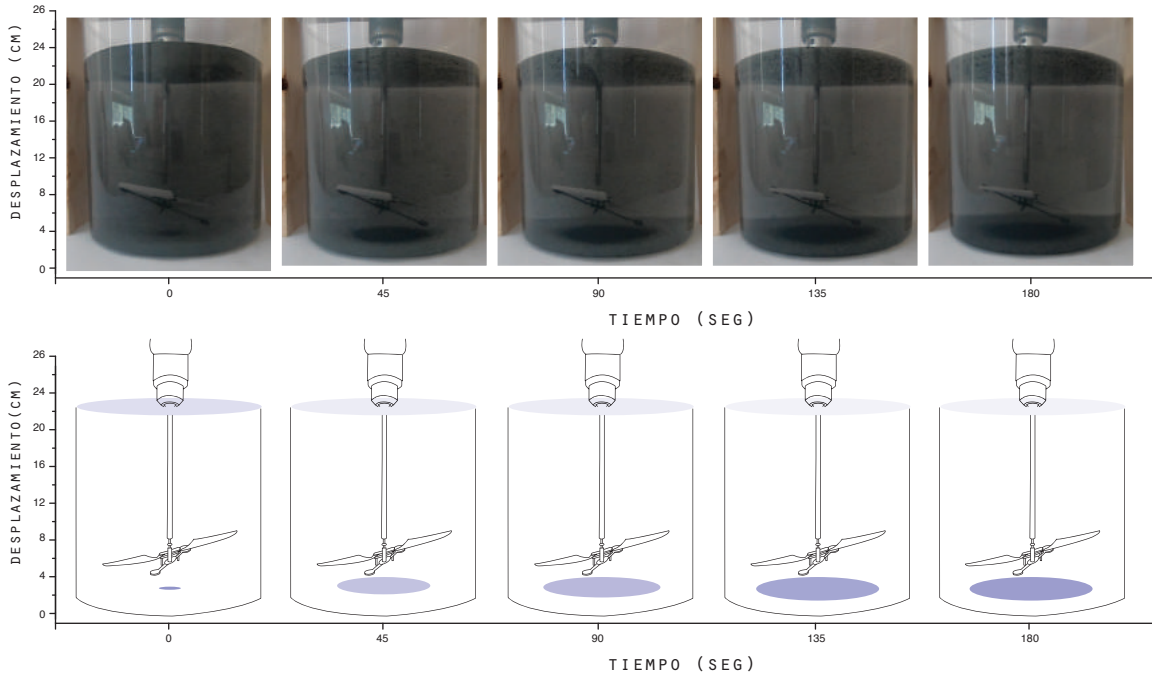
### Posicionamiento 1



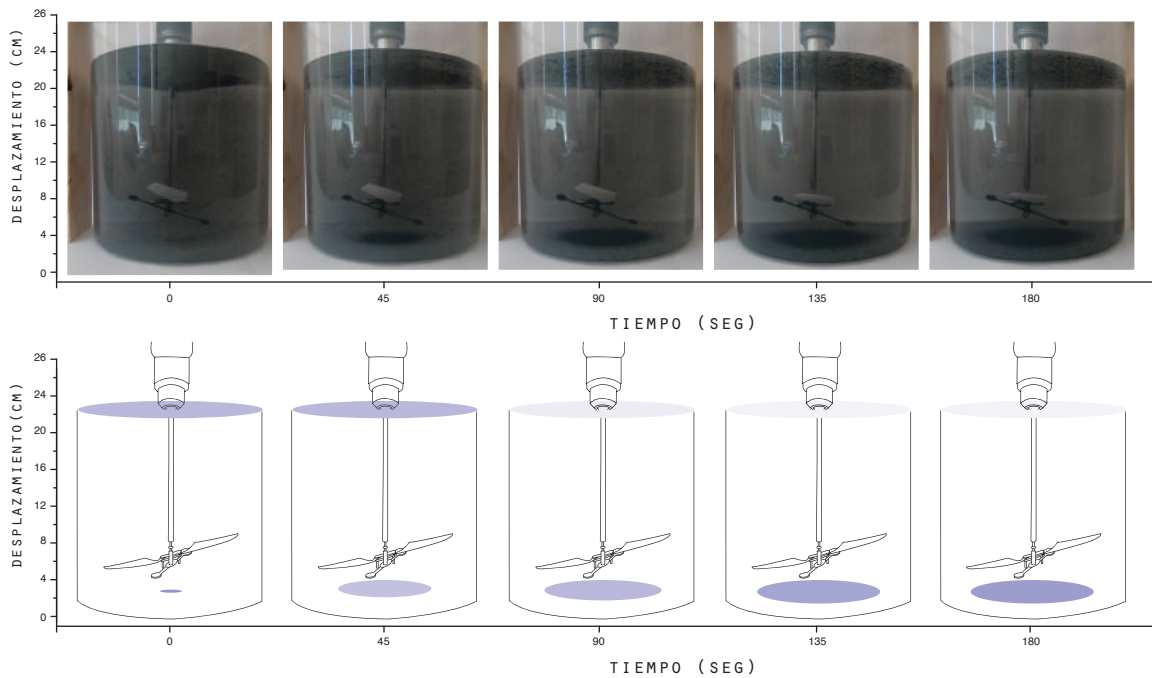
### Posicionamiento 2



### Posicionamiento 3



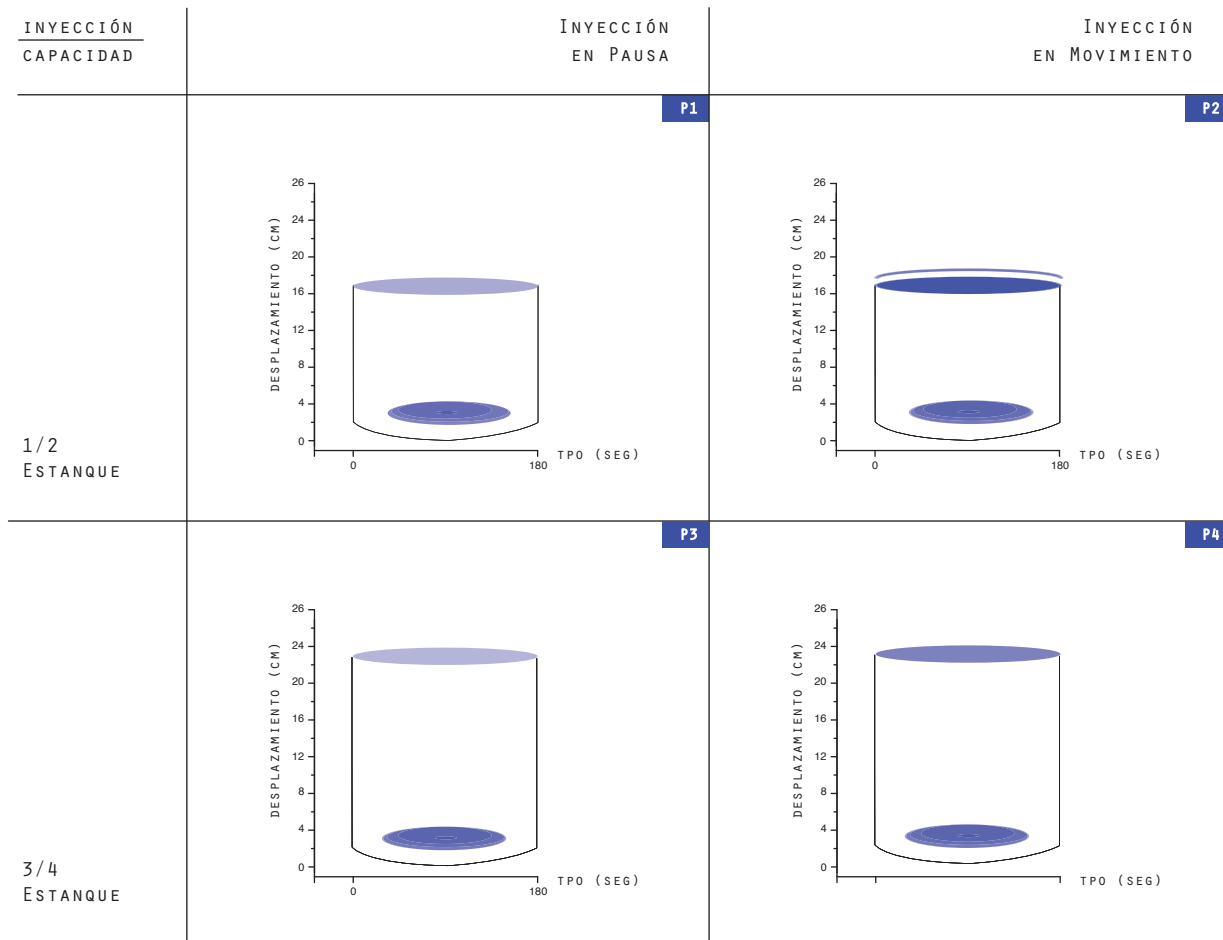
### Posicionamiento 4



## ANÁLISIS RESULTADOS

### POSICIONAMIENTO

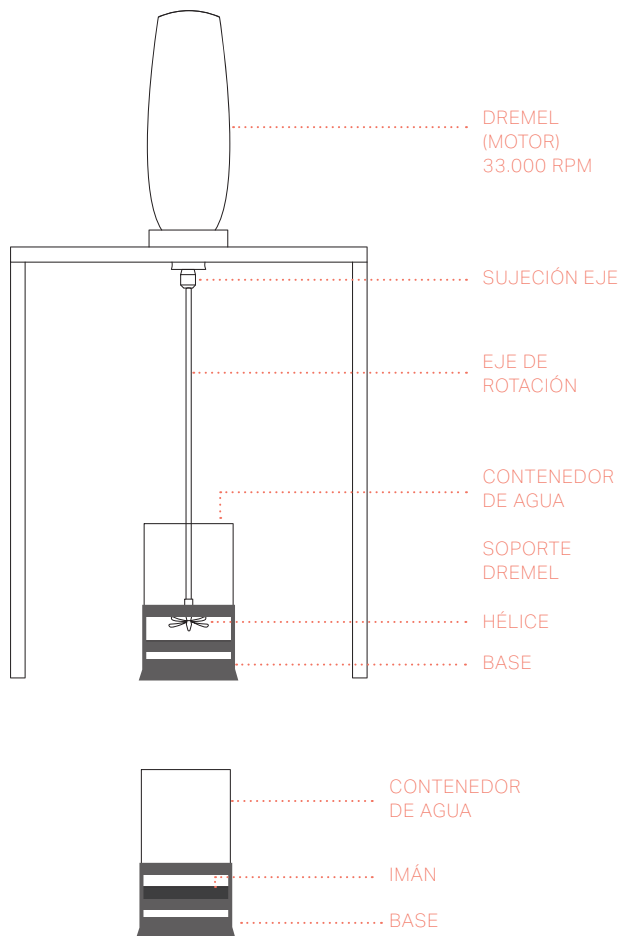
El material tiende a posicionarse en dos zonas luego de la decantación, en primer lugar se sitúa en el centro de la base del estanque, esto se genera ya que el biochar tiende a decantar desde el vértice del Vórtice, generando un recorrido cilíndrico por el que desciende hasta la base. En segundo lugar, hay un menor volumen del material que queda suspendido en la superficie, en el caso de la inyección en movimiento (P2 y P4) dicho volumen es mayor.



### 8.1.6 Diseño de Prototipo (2)

El prototipo (2) permitió estudiar la **atracción y recolección** del Biochar estándar luego de la agitación (Ver Figura 26). Con este prototipo comprobamos la hipótesis de atracción utilizando Biochar Magnético, debido a la cantidad de material disponible necesitábamos construir un prototipo a menor escala que el prototipo anterior.

Además probamos un **nuevo método de inyección** para evitar que se genere una capa de biocarbón suspendida sobre el agua.



ESCALA 1/15

Figura 26:  
Prototipo 2, Elaboración Propia.  
Ver detalle de medidas en:  
Planimetrías Prototipo 2, Anexo  
Fotografías de registro personal

### 8.1.7 Atraer

Una vez ocurrida la adsorción de los metales pesados, es necesario separar el biochar del agua. Para esto se debe atraer el biochar magnético utilizando imanes desde el exterior del contenedor. Estos imanes deben tener la intensidad suficientemente como para atraer el biochar a través del espesor del contenedor y mantenerlo atraído mientras se retira el agua del estanque.

#### Análisis Decantación- Atracción

- Parámetros:
- Capacidad del estanque: ½ (125 ml)
- Velocidad: 10.000 rpm
- Cantidad de BCmag: 13 mg

Una vez terminada la agitación, se posición en imán en la base del contenedor se dejó decantara durante 120 minutos (Ver Figura 28).

### 8.1.8 Recolectar

En esta última etapa el material se encuentra contaminado por los metales adsorbidos, siendo necesaria su recolección y correcta manipulación.

Finalizada la decantación y atracción del BCmag, debemos separar el agua del materia. Para esto, se vacía el contenedor en otro recipiente manteniendo el imán en la base del vaso, de esta manera el BCmag continua en atracción y no se mezcla con el agua.

### 8.1.9 Inyectar (3)

#### Análisis Inyectar

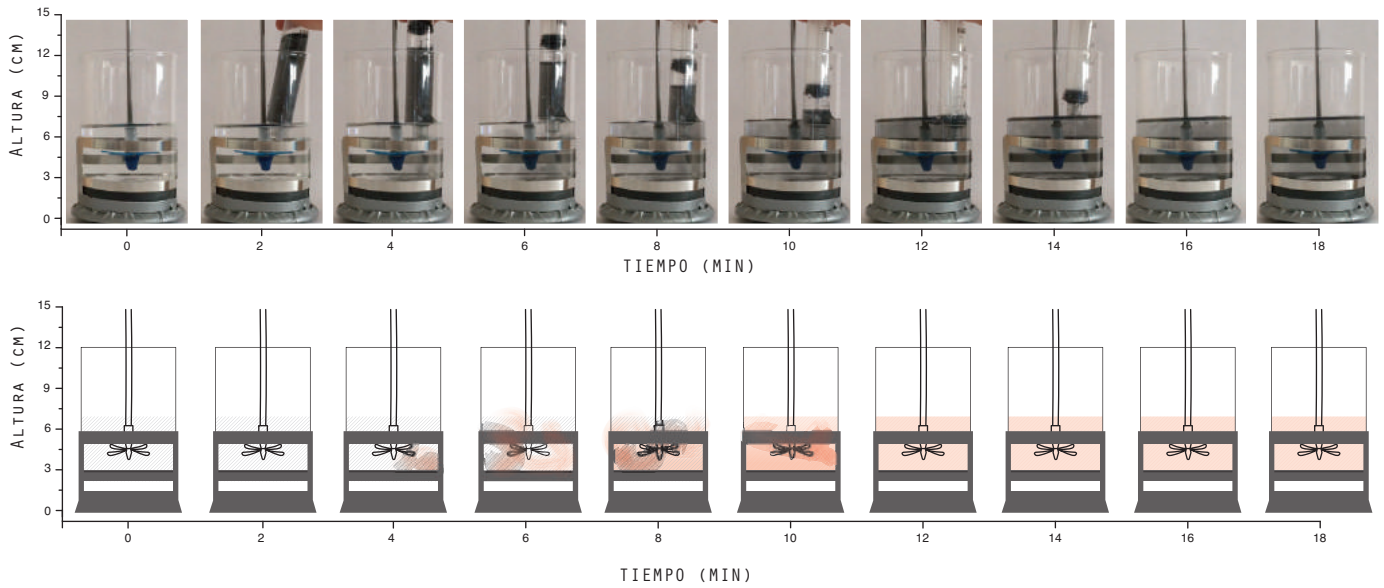
Se inyectaron 13 miligramos de BCmag en 125 ml de agua de la llave, para esto se, se utilizó una nueva metodología de inyección.

Metodología:

**3. En agua e introducido:** Previo a la agitación, se mezclaron 13 mg de BCmag en 5 ml de agua en una jeringa, la cual se introdujo hasta la base del contenedor con agua para inyectar el material dentro del agua evitando así que este se posicione en la superficie (Ver Figura 27)

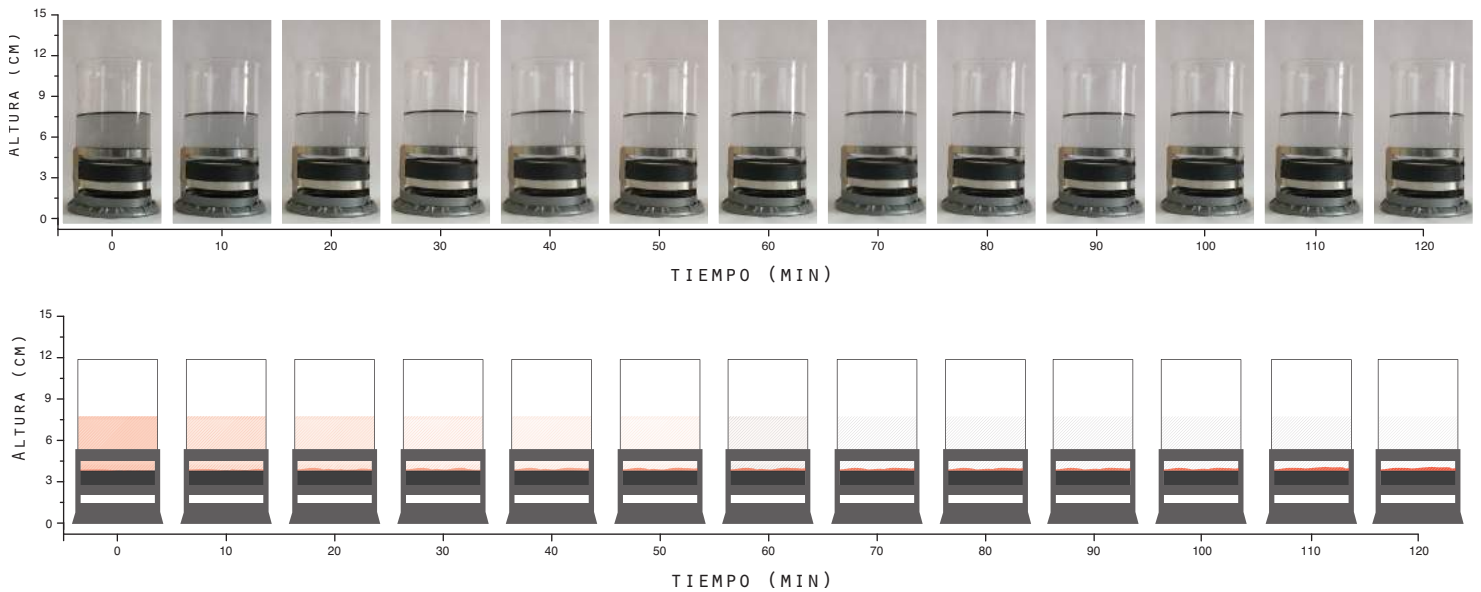
### ANÁLISIS INYECTAR (3)

Figura 27:  
Análisis Inyectar 3.  
Elaboración Propia



### ANÁLISIS DECANTACIÓN - ATRACCIÓN

Figura 28:  
Análisis Decantación - Atracción.  
Elaboración Propia



Nota:  
La línea que se observa en la superficie del agua es el  
reflejo del contenido, no biocarbón en suspensión.



## ANÁLISIS RESULTADOS

### PROTOTIPO 2

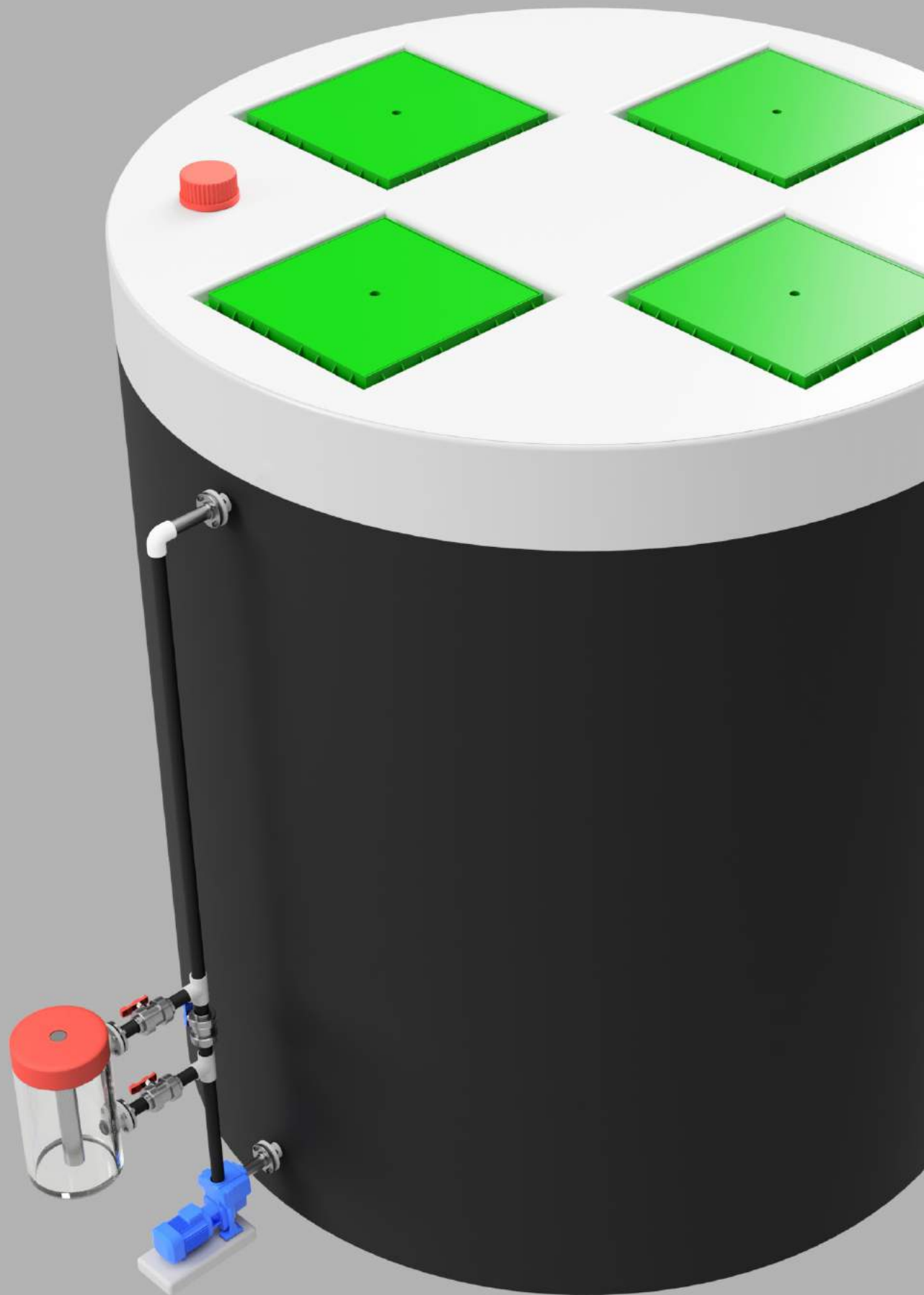
En los métodos de inyección previamente analizados se identificó una problemática, una parte significativa del material tiende a quedarse suspendido en la superficie evitando que este decante. El método de inyección en agua e introducido en el contenedor es el más efectivo para solucionar este conflicto.

Se puede observar una como el agua va adquiriendo cada vez más transparencia y el BCmag se va posicionando en la base del vaso. El momento clave de la decantación ocurre transcurrido los primeros 60 minutos, a partir de ese tiempo no se observan grandes cambios en el color del agua. A los 120 minutos el BCmag se ha posicionado por completo en la base y el agua se torna transparente.

Según las observaciones obtenidas a partir del prototipo (2) podemos confirmar que la separación del BCmag y el agua mediante magnetismo funciona de manera efectiva. La atracción debe ser realizada en la base del contenedor con 60 minutos como mínimo de decantación posterior a la agitación. Hay una escasa parte del material que se arrastra con el movimiento del agua, es por esto que la condición más óptima para mantener el agua limpia es contar con un filtro en la salida del agua como medida de seguridad.

Respecto a la recolección del material, esta debe hacerse una vez vaciado el contenedor, retirando la base de este.





Modelo Dispositivo de Purificación,  
Elaboración Javiera Grez y propia.



9.

PROYECTO

## 9.1 Concepto

### 9.1.1 Naming

**kelp.** ————— CATAMARAN SEMIBOLD  
 agua más liviana ————— LATO LIGHT

Este proyecto tiene como principal objetivo aportar a la erradicación la crisis de salud actual en la zona de Puchuncaví– Quintero por medio de la distribución de agua libre de metales pesados. A partir de esta visión se desarrolló la investigación que se materializa en un sistema purificador, cuya identidad, en términos conceptuales, se relaciona con el **consumo de agua más ligera y segura en su composición.**

**Kelp** es la forma en la que se denomina al alga parda en inglés. Este término hace referencia al origen del proyecto: el **huiro canutillo**, siendo éste la materia prima de la que se hace el biocarbón que permite la purificación del agua. La tipografía escogida y el uso del punto alfinal de la palabra **"kelp"** hace alusión al termino **"help!"**, para asociarlo al concepto de salud por medio de la distribución de agua saludable.

Para definir el **claming** se tomó como punto de partida la noción de que a simple vista el agua con metales pesados se ve igual a la que está libre de estos. Sin embargo, una vez que el agua entra en contacto con el biocarbón éste garantiza el consumo de **agua segura y blanda.** Desde lo sensorial, este proyecto permite tomar agua que, a pesar de no verse más limpia, **es más liviana, suave y saludable.**

## 9.1.2 Decisiones de Diseño

Durante el proceso de investigación y prototipado se tomaron en cuenta muchas variables. Los resultados obtenidos de la etapa de validación y prototipos borradores desencadenan las siguientes decisiones para el diseño del sistema de purificación:



### INYECCIÓN MANUAL DEL BCmag

La inyección del material se hace de forma manual desde la parte superior del estanque a través de un sachet de inyección. Este debe venir previamente **dosificado y sellado**, y debe ser manipulado con cuidado.



### AGITACIÓN POR RECIRCULACIÓN

La agitación debe ocurrir de forma constante durante **1 hora como mínimo**, esto varía según el volumen de agua. Para agitar un volumen superior a 1.000 litros es necesario recrear el movimiento generado por la hélice a través de un **sistema de recirculación** en el que una **bomba succiona** agua.



### FILTRO DE ATRACCIÓN & RECOLECCIÓN

Debido al gran volumen de agua, se define un sistema de atracción que forma parte del circuito de recirculación y se posiciona al costado del estanque. Este Filtro de atracción es de un tamaño que **permite la manipulación** por una persona, la cual debe conocer y saber trabajar con el Biochar para poder recolectarlo.



### RECOLECCIÓN MANUAL CAPACITADA

Debido al nivel de contaminación que contiene el material la **recolección a ser manual debe ser ejecutada por un experto capacitado**, a pesar de que se estudio la posibilidad de que esto fuese realizado por el usuario, se descarta esta opción ya que el biocarbón es muy liviano con lo que se hace muy difícil su manipulación.

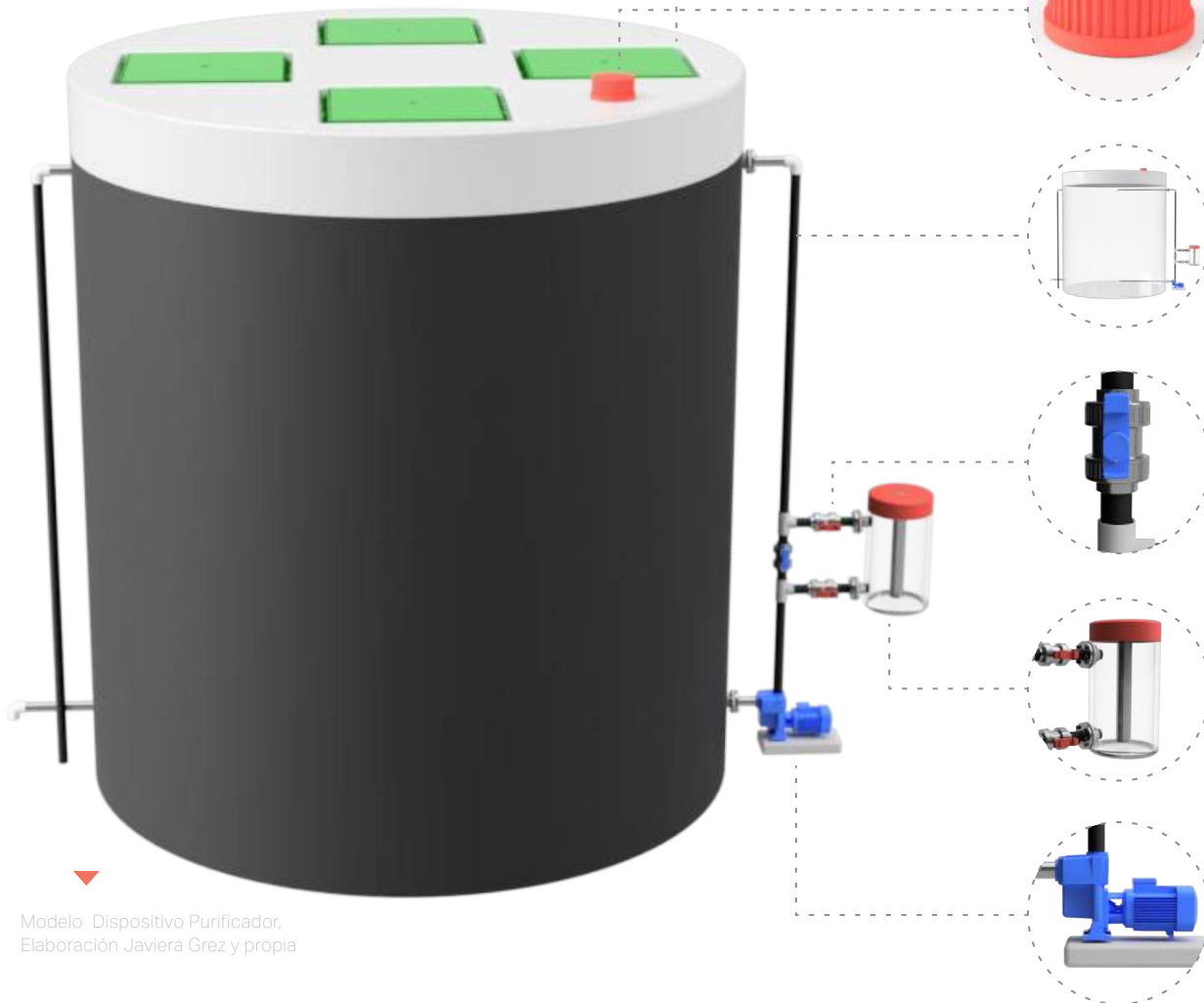


### MONITOR

El rol de un encargado de inyectar, monitorear y recolectar el material es fundamental para el funcionamiento del dispositivo. Esta **persona es previamente capacitada e interactúa una vez por semana con el estanque**, por lo tanto, es una parte fundamental del sistema.

### 9.2.1 Elementos del Sistema

El sistema funciona en base a un **dispositivo purificador** que se posiciona en la parte superior del pozo de agua, es decir, es el primer receptor del agua que proviene del pozo. Este dispositivo está formado por: *un estanque de purificación, paneles fotovoltaicos, una tapa rosca para la inyección, un circuito de tuberías de recirculación por donde pasa el agua, electro válvulas, un filtro magnético y una bomba de agua para la recirculación (ver imágenes de arriba a abajo).*



El Dispositivo Purificador se conecta mediante una red de tuberías con los Estanques de Almacenamiento de las casas. La cantidad de agua que se distribuye a cada casa se cuantifica con un medidor de caudal (Caudalímetro) ubicado en el inicio del recorrido que existe entre el dispositivo de Purificación y el Estanque de Almacenamiento.

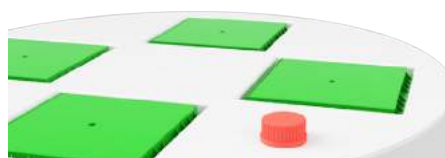
### ESTANQUE DE PURIFICACIÓN

Contenedor donde se genera la adsorción de los metales pesados. Su capacidad dependerá de la capacidad del pozo y la cantidad de casas a las que distribuirá agua. La entrada del agua en el estanque esta conectada con el pozo, mientras que la salida se conecta al sistema de recirculación.



### PANELES FOTOVOLTÁICOS & TAPA DE INYECCIÓN

Se posicionan en la parte superior del estanque, es la fuente de energía para el funcionamiento de la bomba y las válvulas. La tapa rosca permite la inyección del Biochar.



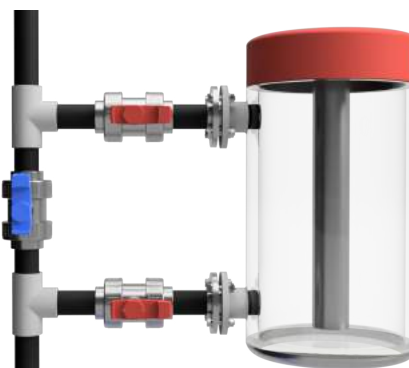
### CIRCUITO DE TUBERÍAS

Conecta el ciclo de recirculación, su inicio se posiciona en el interior del estanque, en el centro a 15cm por sobre su base, es donde se genera la succión del agua. Luego, el circuito sale del estanque conectándolo con la bomba de agua y continúa hacia la parte superior del estanque. Si la válvula azul esta abierta y las rojas cerradas, el agua pasa de forma continua generando agitación, de lo contrario, comienza a pasar por el filtro para atraer el Biocarbón Magnético. En la parte superior del estanque las tuberías vuelven a entrar en el contenedor, generando un caudal por donde sale el agua.



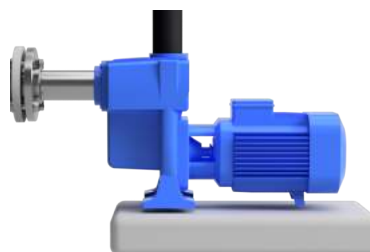
### FILTRO MAGNÉTICO

Cuerpo cilíndrico que contiene un imán de neodimio cilíndrico en su interior, el cual está recubierto por un film plástico y sujeto a la tapa rosca del filtro. Las dimensiones del filtro permiten abarcan el campo magnético total del imán, permitiendo que el Biocarbón sea atraído a medida que el agua recircula a través del filtro. La entrada del agua al filtro esta en su base y proviene de la salida del estanque; la salida del filtro esta en la parte superior y se conecta con la bomba de recirculación.



### BOMBA DE RECIRCULACIÓN

Motor que succiona el agua del estanque purificador, generando la agitación del agua. Su potencia es de 30 litros po minuto. La conexión de entrada de la bomba viene desde el filtro magnético y la salida hacia la parte superior del estanque.



## 9.2 Modelo de Gestión

Este sistema distribuye **agua purificada** que viene desde un **pozo central** hacia un número de casas establecido según la capacidad del pozo. El número de casas determina el volumen del Estanque Purificador y la dosis de Biocarbón requerida para ese volumen de agua (Ver Figura 21, página 85). El Dispositivo de Purificación se ubica en la salida del pozo.

La purificación y distribución desde el Estanque Purificador a los Estanques de Almacenamiento de las casas ocurre **una vez a la semana**, considerando que cada casa tiene un estanque de almacenamiento de **1 m<sup>3</sup>** (Capacidad de 1 m<sup>3</sup> de agua, equivalente a 1.000 litros, es la medida estandarizada para el almacenamiento de agua potable semanal).

Este modelo está basado en el **caso de estudio de la comunidad de Ventanas** mencionada en el contexto de implementación (Ver página 68-69). Usando como referente de este caso el número de casas, ubicación de los estanques de almacenamiento y el pozo (Pozo N°1)

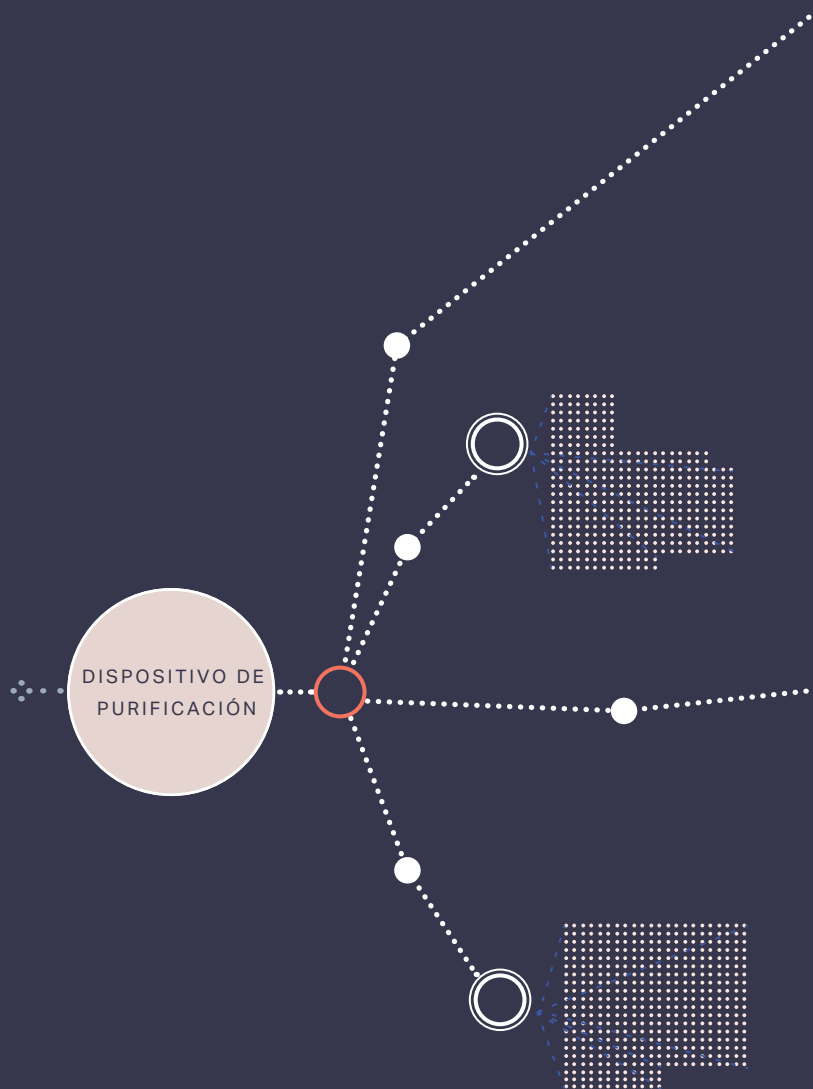
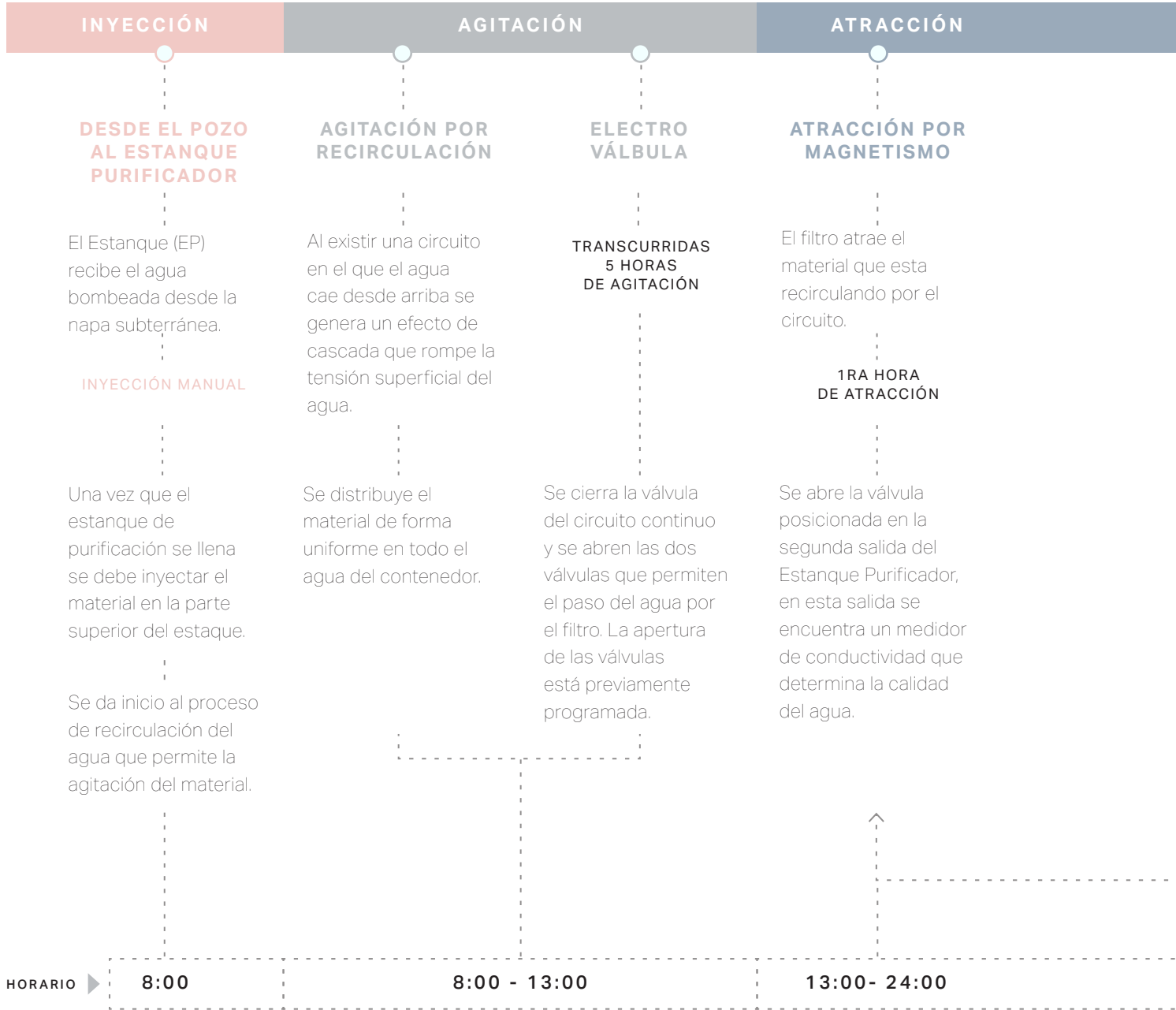


Figura 29:  
Modelo de Gestión  
Elaboración propia





### 9.2.1 Orden de Funcionamiento



### 9.2.3 Medidas de Seguridad

#### 1. ELECTRO VÁLVULAS

Estas abren el paso del agua una vez que el sensor de conductividad lo indique, asegurando la autoregulación del sistema.

Figura 30:  
Orden de funcionamiento  
Elaboración Propia



**2. MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD**

Funciona en base a la calidad del agua, si tiene la conductividad esperada pasa hacia los estanques de almacenamiento, sino, continua el proceso de recirculación.

**3. FILTRO DE SALIDA**

Ubicado en la salida del estanque de purificación. Evita el paso de cualquier material particulado que pueda llevar el agua hacia los estanques de almacenamiento.

## 9.3 Modelo de Negocios

### STAKEHOLDERS

- Proveedores de Algas (Pescadores de la Bahía)
- Proveedores de Materiales
- Laboratorio de química  
Empresas con aporte de capital para el desarrollo del proyecto (empresas del Cordón Industrial responsables, fondos concursables, fondos del gobierno, etc).

### ACTIVIDADES CLAVES

- Obtención del Alga
- Obtención del Biocarbón
- Fabricación del Sistema
- Purificador
- Administración del proceso de monitoreo

### RECURSOS CLAVES

- Huiro Canutillo
- Espacio para preparar el material
- Laboratorio y horno de pirólisis
- Materiales para la fabricación del sistema de purificación
- Espacio para la fabricación del sistema
- Monitor capacitado
- Administrador de procesos y recursos.

### PATRÓN DE VALOR

- Generar un material sustentable para la remediación de aguas contaminadas de metales pesados.
- Contribuir al desarrollo de la actividad pesquera de forma responsable y retribuida de forma justa.
- Comercio justo para generar impactos positivos a nivel económico, social y medioambiental de la zona.

### RELACIÓN CON EL USUARIO

Seguimiento y monitoreo constante de la calidad del agua y el sistema.

### RELACIÓN CON EL CLIENTE

Informe de análisis y estudio de resultados.

### SEGMENTO DE CLIENTES

- Empresas o Instituciones responsables de la contaminación industrial con plan de descontaminación.
- Ministerio de medioambiente y salud del Gobierno.

## 9.4 Proyecciones

Este proyecto de investigación presenta varias **proyecciones en su modelo de negocios**. En primer lugar, la **postulación** como particular a un **fondo** de investigación como un FONDEF, Proyectos I+D de Fundación Copec-UC, Fondo para la innovación y la Competitividad (FIC, Fondo Nacional), entre otros. Otra alternativa es postular desde la asociación con una empresa que quiera desarrollar el proyecto, en este caso existen fondos dirigidos a empresas como el Voucher de Innovación y diferentes Fondos CORFO.

A partir de este primer punto, surge una proyección para el **financiamiento** del proyecto. **Asociarse con empresas** que busquen incluir proyectos de estas características como parte de sus RSA, responsabilidad social y ambiental. Así obtener un impacto positivo en la sociedad, ayudándolos a contrarrestar y remediar el daño medioambiental que estas causan. De forma similar, puede plantearse como un proyecto que el **ministerio de medio ambiente o de salud** incorporen en sus agendas.

Realizar un **HACCP** (Análisis de riesgos y puntos críticos de control) como proyección para el control del procesos y productos. Este es un sistema de administración en el que se aborda la seguridad alimentaria a través de la identificación, análisis y control de los peligros físicos, químicos, biológicos y peligros radiológicos, desde las materias primas, las etapas de proceso de elaboración hasta la distribución y consumo del producto terminado (Ver Figura 31).

Desde las **investigación**, surgen proyecciones que apuntan al crecimiento del proyecto. Lo primero es hacer **pruebas de adsorción** en otros metales pesados, particularmente en Arsénico debido a los informes obtenidos que aseguran altos niveles de este metal en la Bahía. Estas pruebas se plantearían como objetivos a financiar con alguno de los fondos ya mencionados.

Por último, investigar la **desorción** del Biocarbón para la recuperación de los metales y la reutilización del material (Ver Figura 12, p. 55). Además de estudiar la posibilidad de utilizar el Biocarbón Estándar como un filtrador de agua, esto a través de pruebas en laboratorio y prototipos.

### FINANCIAMIENTO

- FONDEF
- Proyectos I+D
- FIC
- Voucher de Innovación
- Fondos CORFO
- Financiamiento de Empresas
- Financiamiento Ministerio
- Medioambiente
- Financiamiento Ministerio de Salud



Figura 31:  
Análisis HACCP.  
Fuente: www.oss certification.com

## 9.5 Conclusiones

La crisis generada por la contaminación industrial es un tema que nos afecta a todos. Los riesgos que antes eran silenciosos, hoy se presentan cada día con mayor claridad. En este contexto, la forma en que se enfrenta la crisis de salud y asunto medioambiental es fundamental. Todos los seres humanos necesitamos aire limpio, suelo, agua y producir para satisfacer necesidades esenciales. Se requiere un medio de **regulación que garantice estándares de producción y consumo responsable** que conviva con los ecosistemas. Según Guajardo M. & Chavarri M (2018), la sostenibilidad no es una opción sino la carta que la humanidad se ha dado para abordar la complejidad de los fenómenos económicos, sociales y ambientales de un país. Articular producción y protección del medioambiente será para Chile el gran desafío de aquí en adelante debido al cambio climático, estilos nuevos y emergentes de vida saludable y consumo que empieza a permear nuestros comportamientos.

Los ciudadanos de Quintero-Puchuncaví están a la espera de una respuesta. Sin embargo, las medidas que se lleven a cabo en un futuro cercano necesitan ser estudiadas desde su origen, inserción y término de producción; para poder generar soluciones que apunten al desarrollo sostenible. En este contexto, la implementación de Kelp se proyecta como una promesa para la remediación de aguas altamente contaminadas. Este proyecto busca aportar en esta crisis, generando un modelo de estructura circular en el que se inserte un proyecto que nació desde esta localidad.

La continuidad de este proyecto se visualiza en la **postulación de fondos de investigación** para poder seguir estudiando y perfeccionando los dispositivos de purificación y realizar más pruebas de adsorción del material. Idealmente, en un futuro poder **implementar este sistema de purificación en paralelo a la implementación de un plan de regulación** a nivel nacional que fiscalice y asegure la disminución de niveles de contaminación de las industrias bajo los estándares requeridos para una producción limpia, reduciendo los impactos y riesgos para la salud y el medioambiente.



10.

---

REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS

---

Alga (Huiro Canutillo) en estado seco.  
Fotografía de registro personal

## LIBROS & FUENTES ESCRITAS

Anderson, C. (2012). *Makers, the new industrial revolution*. New York, United States: Crown Business.

Acuasesorías Ltda. (Febrero de 2017). *Diseño y Valoración de modelos de cultivo para la acuicultura de pequeña escala*.

Ahora Noticias. (2018, Agosto 28). Piñera en Quintero: "Mucha gente se nutre de agua de pozos que están contaminados". Retrieved Septiembre 08, 2018, from Ahora Noticias: <http://www.ahoranoticias.cl/noticias/nacional/234527-menor-de-un-ano-resulta-gravemente-lesionado-en-accidente-en-autopista-del-sol.html>

Castilla, J., & Santelices, B. (1976, Noviembre - Diciembre). Derrames de petróleo en el mar. *Revista de Marina*, 648.

Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, I. (30 de mayo de 2015). Tratamiento para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. *Ingeniería y Región*.

Chekroun, K., & Baghour, M. (2013). The role of algae in phytoremediation of heavy metals. *Environ Sci*.

Churches, A. (2009). *Taxonomía de Bloom para la era digital*. (Eduteka, Ed.) Nueva Zelanda.

Consuelo Ferrer, Emol. (2018, Septiembre 03). Académico que investiga la degradación en la costa de Quintero describe el "ciclo macabro" de la contaminación en la zona Fuente: Emol.com - <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2018/09/02/919113/Academico-que-investiga-contaminacion-en-Puchuncavi-Es-un-ciclo-macabro-desde-el-punto-de-vista-de-la-salud-y-los-efectos-que-produce.html>. Retrieved Octubre 24, 2018, from EMOL: <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2018/09/02/919113/Academico-que-investiga-contaminacion-en-Puchuncavi-Es-un-ciclo-macabro-desde-el-punto-de-vista-de-la-salud-y-los-efectos-que-produce.html>

El Ciudadano. (2018, Agosto 30). Niveles de arsénico en Quintero y Puchuncaví superaron hasta 23 veces la norma europea. Retrieved Septiembre 2018, from El ciudadano.com: <https://www.elciudadano.cl/chile/niveles-de-arsenico-en-quintero-y-puchuncavi-superaron-hasta-23-veces-la-norma-europea/08/30/>

El Dínamo. (2018). *Vivir y morir en Quintero: crónica de la resistencia en una ciudad envenenada*. El Dinamo.

El Mercurio de Valparaíso. (2015). *Estudio revela altas concentraciones de metales pesados en Quintero y Puchuncaví*. Chile Sustentable.

Equipo Fundación Terram. (2018, Octubre). *La negligente realidad de la Bahía de Quintero*. Fundación Terram.

FAO & OMS. (1995). *Codex Alimentarius, Normas internacionales de Alimentos CDX\_193*.

Bird, M. I., Wurster, C., Paula Silva, P., Paul, N., & NYS, R. (2012). *Algal biochar: effects and applications*. GCB Bioenergy .

FIC Algas. (2016). *Proyecto FIC Algas 2015-2016: Cultivo de alga parda en la zona de Quintero y Puchuncaví*. Santiago: Universidad Andrés Bello. Documento inédito, no publicado.

Friedman, Y. (1975). *Utopías Realizables*. (F. S. Cantarell, Trans.) París, Francia.

Fundación Terram. (2016). *Terram*. Retrieved from *Cómo les envenenaron la vida: metales pesados amenazan la salud de la población de Puchuncaví-Quintero de Chile*: <https://www.terram.cl/2016/10/como-les-envenenaron-la-vida-metales-pesados-amenazan-la-salud-de-la-poblacion-de-puchuncavi-quintero-de-chile/>

García-Germán, J. (2010). *De lo mecánico a lo termodinámico*. *Compendios de Arquitectura Contemporánea*.

Geología Ambiental Chile. (2016). Retrieved Noviembre 2018, from *Zonas de Sacrificio Ambiental en Chile*: <http://www.geologia-ambiental.cl/diccionario/author/pepeline/>

Guajardo M., A., & Chavarri M., R. (2018, Septiembre). *Análisis Caso Quintero-Puchuncaví: Una mirada desde la sostenibilidad*. Observatorio de Sostenibilidad.

GWC. (2016, Octubre 7). *General Water Company*. Retrieved from *Metales pesados en el agua de consumo*: <https://gwc.com.ar/agua/metales-pesados-agua/>

Heinrich Böll Stiftung Foundation (2017). *Atlas de los Océanos, Hechos y cifras de las amenazas a nuestro ecosistema marino*. Future Ocean, Kiel Marine Sciences. Berlín, Alemania.

Hernández-Perez, A., & Labbé, J. (2014, Agosto). *Microalgas, cultivo y beneficios*. *Revista de Biología Marina*



y Oceanografía .

Heskett, J. (1985). Breve historia del diseño industrial.

Hospital de Quintero. (2018). Datos Intoxicaciones Quinteros. Documento inédito no publicado preparado como material de registro para los casos de intoxicación presentados desde Agosto en la ciudad de Quinteros, Hospital Adriana Cousiño de Quintero, Viña del Mar - Quillota.

INE Chile. (2008 -2009). Censo Pesca y Acuicultura.

ISPCH. (n.d.). Instituto de salud Pública. Retrieved 2018, from Sección Química Ambiental: Contaminación Ambiental: [http://www.ispch.cl/saludambiental/ambiente/quimica\\_ambiental/contaminacion](http://www.ispch.cl/saludambiental/ambiente/quimica_ambiental/contaminacion)

Leiva, M., & Ramírez, H. (2015). Carpeta informativa situación socioeconómica y ambiental Caleta Ventanas. Sindicato Pescadores Artesanales de Caleta Ventanas, Seremi Economía V Región, Valparaíso.

McDonough, W., & Braungart, M. (2003). Cradle to cradle: Remaking the way we think.

Marín, W. (Septiembre de 2007). Cultura y modernización de la pesca artesanal en Chile: Adaptaciones, cambios e hibridaciones en caleta de algaros. Revista Mad . Márquez, A., Senior, W., & Martínez, G. (2000). Concentración y comportamiento de metales pesados en una zona esturina de Venezuela. *Interciencia* , 25 (6).

Minay, S. (2018, Agosto 28). Líder de Mujeres en Zona de Sacrificio: "Acá en Ventanas tienes mucho más que lo de Erin Brokovich" . Retrieved Septiembre 2018, from La Tercera: <https://www.latercera.com/la-tercera-pm/noticia/lider-de-mujer-en-zona-de-sacrificio-aca-en-ventanas-tienes-mucho-mas-que-lo-de-erin-brokovich/298363/>

Ministerio de Salud (1996). Reglamento Sanitario de Alimentos. Santiago. República de Chile.

Moreno-Bonett, C., Zugazagoitia-Herrans, R., Sanchez, C., Córdoba, R., & Melo Ruiz, V. (2012, Junio 12). Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México D.F.), como proyecto de servicio social. *Interfase, Educación Química* .

Núñez, M. J., & Olgún, A. (2018). Los dolores que aquejan a Quintero y Puchuncaví. *La Tercera*. [www.latercera.com](http://www.latercera.com). Ortiz, J. (2011). Composición Nutricional y funcional de

algas pardas Chilenas: *Macrocystis pyrifera* y *Du*. Facultad de ciencias Químicas y farmacéutica .

Ortiz, M. (2018, Junio 13). Piden informe a empresas de Quintero: estudio reveló alta presencia de arsénico en el agua. Retrieved Octubre 10, 2018, from BioBio Chile: <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-valparaiso/2018/06/13/piden-informe-a-empresas-de-quintero-estudio-revelo-alta-presencia-de-arsenico-en-el-agua.shtml>

Peteiro, C., Prado, Ó., & García-Tasende, M. (2015, Enero). El cultivo de macroalgas marinas como fuente renovable y limpia para producir bioetanol como biocarburante. *Energética XXI* .

Rifkin, J. (2009). Empathic Environment. Press Conference at Arts Santa Mónica. Barcelona: A Green New Deal.

Resumen. (2018, Septiembre 09). Reportajes, Medio Ambiente. Retrieved from Crisis Socioambiental : <https://resumen.cl/articulos/crisis-socioambiental-impactos-complejo-industrial-ventanas-quintero-puchuncavi>

Revista AQUA. (4 de Diciembre de 2017). Programa de difusión tecnológica permite incorporar especies marinas en caletas. AQUA .

Revista Marina. (2 de Julio de 2015). La pesca Artesanal en Chile. *Revista Marina, Armada de Chile*.

Sabatini, F., Mena, F., & Vergara, P. (1996). El conflicto ambiental de Puchuncaví bajo democracia. *Ambiente Hoy*, XII (4), 30-40.

Soares de Freitas, M., de Souza Minayo, M de C., Lopez Pena, P., & Miranda dos Santos, M. (2012). Un ambiente enfermo: significados de la contaminación industrial en Isla de Maré, Bahía, Brasil. Retrieved from [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Sohi, S., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Ady Agron*.

Suez, J. (13 de Junio de 2001). Quintero: alerta por consumo de mariscos. *La Tercera*.

Tovar, C. T., Ángel Villanona-Ortiz, & Luz Garcés. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*.

Weiner, N. (1948). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*.

## ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

Anze, R., Franke, M., Zaballa, M., Pinto, M., Zeballos, M., Cuadros, M., et al. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. UMSA. La Paz: Revista Virtual REDESMA.

Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, I. (30 de mayo de 2015). Tratamiento para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. Ingeniería y Región.

CONAE. (Agosto de 2006). Monitoreo costero de derrame de petróleo, Imágenes SAR.

Contreras-Porcía, L., Araya, M., Garrido-Ramírez, E., Bulboa, C., Remonsellez, J., Zapata, J., et al. (2016). Biochar production from seaweeds. In *Protocols for Macroalgae Research*. Documento inédito no publicado. Santiago, Chile.

Figuerola, E. (2002). Biodiversidad Marina: Valorización, Usos y Perspectivas ¿Hacia dónde va Chile?. Programa Interdisciplinario de Estudios en Biodiversidad (PIEB) (Primera ed.). (E. U. Chile, Ed.) Santiago, Chile.

Gutierrez-Ginés, M. J., Hernández, A., & Pastor, J. (2011). Estudio del comportamiento de *Lolium Perenne* L. en suelos del centro de España contaminados por metales pesados. (R. O. Silla, Ed.) Causas y procesos de la degradación del suelo.

Hernández, R., & Thomas, C. (2001). Globalización y Educación Rural en Chile: Sus Efectos en el Proceso Educativo desde un Análisis Sistémico. Retrieved 23 de Mayo de 2018 from <https://www.aacademica.org/iv.congreso.chileno.de.antropologia/141.pdf>

Kai Ling, Y., Fye Lau, B., Loke Show, P., Chyuan Ong, H., Chuan Ling, T., Wei-Hsin, C., et al. (2017, Agosto 05). Recent developments on algal biochar production and characterization. *Bioresource Technology* .

Kolbasov, A., Sinha-Ray, S., Yarin, A., & Pourdeyhimi, B. (n.d.). Heavy Metal Adsorption on Solution-Blown Biopolymer Nanofiber Membranes. *Journal of Membrane Science* . Márquez, A., Senior, W., & Martínez, G. (2000). Concentración y comportamiento de metales pesados en una zona esturina de Venezuela. *Interciencia* , 25 (6).

Martinez, L., Muñoz-Bonilla, A., Mazario, E., Recio, F., Palomares, F., & Herrasti, P. (2015, June 12). Adsorption of chromium (VI) onto electrochemically obtained magnetic nanoparticles. *Int. J. Environ. Sci. Technology* .

Moreno-Bonett, C., Zugazagoitia-Herrans, R., Sanchez, C., Córdoba, R., & Melo Ruiz, V. (12 de Junio de 2012). Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México D.F.), como proyecto de servicio social. *Interfase, Educación Química* .

Parra, J. P., & Espinosa, L. (2088). Distribución de metales pesados (Pb, Cd y Zn) en perfiles de sedimento asociados a *Rhizophora mangle* en el río Sevilla-Ciénaga grande de Santa Marta, Colombia. *INVEVAR* .

Quiroga, M. (2017, Noviembre). Experiencia de exposición a contaminación medioambiental en Puchuncaví: Conocimiento Corporalizado. Instituto de Sociología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Magister de Sociología .

Sridhar, V., Sang-Heon, L., Won-Jong, K., & Il-Kwon, O. (2013). Arsenic Removal from Contaminated Water Using Three-Dimensional Graphene-Carbon Nanotube-Iron Oxide Nanostructures. *Environmental Science & Technology* .

Sweta, M., Ayan, G., Gupta, K., Gosh, A., Ghorai, U., Santra, A., et al. (2018, May). Efficiency evaluation of arsenic(III) adsorption of novel graphene oxide@iron-aluminum oxide composite for the contaminated water purification. *Separation and Purification Technology* , 388-400.

Thines, K., Abdullah, E., Mubarak, N., & Ruthiraan, M. (2016, Agosto 17). Synthesis of magnetic biochar from agricultural waste biomass to enhancing route for waste water and polymer application: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* .

Waterkeeper (2018). Puchuncaví Chile Coal Water Pollution Report. Documento inédito, no publicado, compartido por Rodrigo de la O.

Xiaofei, T., Yunguo, L., Guangming, Z., Xin, W., Xinjiang, H., Yanling, G., et al. (2015, Enero 21). Application of biochar for removal pollutants from aqueous solutions. *Chemosphere* .

Yitong, H., Xi, C., Xin, O., Saran, P., & Jiawei, C. (2015, Noviembre 4). Adsorption kinetics of magnetic biochar derived from peanut hull on removal of Cr (VI) from aqueous solution: effects of production conditions and particle size. *Chemosphere* .

## FUENTES ORALES: ENTREVISTAS

Blanca, (5 de octubre de 2018). Entrevista personal, Ventanas Bajo.(M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile

Barraza, DO. & D.L., (5 de octubre de 2018). Entrevista personal, Ventanas Bajo.(M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile

E.S. (21 de abril de 2018). Entrevista Personal, Pescador de la Caleta Las Ventanas. (M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile.

Jasmine, (18 de octubre de 2018). Entrevista personal, Ventanas Bajo.(M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile

Leiva, M., & Ramírez (22 de junio de 2018). Entrevista personal, CONAPACH. (M. Maiz, Interviewer) Valparaiso, Chile.

Ruth, (5 de octubre de 2018). Entrevista personal, Ventanas Bajo.(M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile

Vega, C. (21 de Abril de 2018). Entrevista personal, Presidente Sindicato Pescadores Caleta Las Ventanas. (M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile.

Yerno de Iván, (5 de octubre de 2018). Entrevista personal, Ventanas Bajo.(M. Maiz, Interviewer) Las Ventanas, Valparaiso, Chile

## WEB & MEDIOS AUDIOVISUALES

FAO. (Febrero de 2000). From FAO: <http://www.fao.org/oldsite/FCP/es/CHL/body.htm>

Fernandez, J. M. (29 de Mayo de 2018). Conflictos Territoriales. Psicólogo Comunitario, Magister en Sociología. (S. Limitada, Interviewer) Santiago, Chile: <https://www.facebook.com/Sddlmitada/>.

FIC Algas. (2015). Proyecto Fic-Algas - UNAB, Quinteros y Puchuncaví. From <http://ficalgas.unab.cl>

KGI. (2010). (E. Eshet, Producer, & Kenaf Green Industries) From Kenaf Green Industries: <http://www.kenafibers.com>

Matter Of Trust. (2010). Clean Wave, Hair, fur and Fleece donations. (Matter Of trust Organization) From Matter Of Trust: <https://matteroftrust.org>

PNUD. (2018). Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Retrieved from Objetivos de Desarrollo Sostenible: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

---

**ANEXOS**

---

## Entrevista a C.V & E.S, Sindicato Pescadores Artesanales, Las Ventanas

*Sábado 21 de Abril, 2018*

Carlos: Mira en esa casa vivían los abuelos por el lado de mi mamá y aquí los del lado mi papá en un restaurant frente a la caleta.

Enrique (Buzo Escafandra): "Éramos Felices"

Carlos: Lo importante es que no se quede esto aquí, que quede en ustedes, la gente joven porque no va a volver a tener otra historia. Harta gente nos ha venido a ver, a conocer nuestra realidad, la realidad de una comunidad.

Vino la refinería de ENAM, y después de eso, por la misma fecha ya vino la primera Termo, que era Chilectra, así se llamo en el orden estatal. Este por supuesto era un balneario de lujo, aquí venía gente de bien pasar, eran campos dunares, como que estuviéramos comparándolo por decirte algo con Ritoque, imagínate la belleza que tenía. La arena no siempre era negra, con el tiempo se fue volviendo así negra. Que fue pasando en el tiempo, que cuando se construye la primera termoeléctrica era muy poco el flujo de carbón que ocupaba, o quizás uno no era capaz de recordar, de forma natural las corrientes del mar absorbían y uno se olvidaba, se iba para al fondo y salía pa' afuera con las corrientes, y eso no influía muy directamente aquí en la playa. Pero ya cuando hubieron cuatro y con las capacidades que tenían ya después, obviamente que fue pasando, si lo multiplicábamos por cuatro y con las capacidades que tenían, antes llegaba un barco chico como unas gabarras que traían carbón, hoy en día ese barco es gigante po'.

La proyección que tenía Ventanas, con ese tipo de construcción mira (casa colonial blanca con verde y rosa abandonada a la orilla de la costa), era una proyección turística, esta casa debe tener 80 años, colonial, aquí estuvo exiliado un general del ejército durante el golpe militar.

Todavía hay pescados, yo todavía buceo. Antes de ayer estuve buceando, esta zona por el fuerte impacto que ha tenido, bueno ustedes algo saben, nos vamos pa' afuera. Siempre me invitan a mí a eventos y cosas, nose porque, yo soy un viejo simple. Yo nací en esta caleta aquí, con mi abuelo y mi papá, escanando espineles. Los espineles son anzuelos, se hacen de a varios así, y a cada anzuelo había que ponerle una carnada. Como mis tíos y abuelos trabajaban acá, decía bueno, en esta caleta trabajábamos desde muy chicos, te llevaban al mar, era tradición aquí, y como la comunidad era chiquitita, no había ese crecimiento que hay hoy aquí, bueno, pa' donde íbamos, a la caleta, aquí habían los botes, estaba el papá, era buzo escafandra también, yo le decía un día "papá llévame", y

él "no, no, por que a uste' no tiene quien cuidarlo", "pero llévame, llévame" le decía yo, hasta que me llevaba y con eso quedaba yo feliz po. Ahí estaba amarrados todos los botes, con la escafandra, quedaban amarrados por ahí, no salían por que eran lanchones grandes y obviamente no había con que sacarlos, a pura fuera humana y obviamente esperar que subiera un poco la marea. Pero siempre había que sacarlos, porque había una pana o que se yo, y ahí nosotros veníamos, y mis hermanos chicos también, somos seis.

Te cuento después, como ustedes que son jóvenes, tenía que pensar y proyectarnos en algo, una de las cosas bonitas que hizo mi papá y yo se lo voy a agradecer todos los días hasta que yo me muera, es que me pude educar hasta cuarto medio. Cuarto medio cuando yo era joven era harto, yo viajaba todos los días. (...) Antes aquí habían siembra, zapallos, tenía porotos. Antes era fértil la tierra, aquí la comunidad de Ventanas tenía tres grandes rubros de desarrollo, tenía la pesca, tenía la agricultura y el turismo. Históricamente esta comunidad se proyectaba así, nunca pensó nadie el impacto que iban a tener todas estas cuestiones aquí, sobre todo en la salud po', un tema súper grave. Por aquí veraneaban varias familias, si tu te das cuenta aquí habían hartas casas de veraneo, esto permitía esa conexión entre la pesca y el turismo, aquí venía la selección de voleibol de Chile, aquí veraneaba el entrenador, aquí venía la elite del voleibol, aquí en la caleta instalábamos malla un poquito más allá, estaba esa esencia entre compartir entre el turismo y la caleta, varios cabros de la caleta eran buenos pal voleibol.

Aquí antes buceábamos con snorkel, con shorts y a patita pela' nomás, salían jaibas, almejas y se las vendíamos a los veraneantes. Nos íbamos feliz, con un par de Luquitas, tiritando, pero feliz. Nos ganábamos unas tres lucas, algo así, nose ahora serán como unas diez lucas, éramos los valientes eso si. Ahora no se ve nada, no hay nada po'.

Y ahí hay una cuestión histórica, hay una salina. Una fuente que produce sal. Aquí esta la casa bomba, a través de una cañería, de un ducto no cierto, que lleva agua de mar y la meten por allá adentro y está la salina, allá producen sal. Está hacia el otro lado, hacia la cordillera. También tuvo un fuerte impacto, eran dueños los señores Alduante, estamos hablando de gente de un nivel económico y cultural muy alto, los papás tiene un fundo ahí en las salinas. Bueno, ellos también tuvieron un tremendo problema con las termo, porque cuando aparecen las primeras termos los niveles de contaminación y de ebullición no eran que digamos como hoy día que entre comillas han mejorado un poquito.

Antiguamente tu veíai todo, obviamente las chimeneas generaban un impacto en las salinas y tu veíai la sal salir negra, entonces no podían vender. Demandó a ... y le ganó. Se demoró poquito en lograr eso, y después logro que le generaban electricidad gratis a él y un lavado de sal. Pero le genero un problema para el, porque cuando la gente pregunta de donde viene no podí decir que es de la sal de Ventanas po'. Pa' que no sepan que el producto viene de acá. Esto ocurrió hace muchos años, nadie quería comprar la sal porque era sal de acá.

Esto es parte de un proyecto antiguo, un embarcadero, del año 65' te estoy hablando. Ahí quedo. Hoy vamos a construirlo, en mayo empiezan a construir el embarcadero para la caleta. Aquí podía sacar y meter los botes, podí hacer más paseos, hoy hacemos paseos, para el lado de Chachagua, Quirillca, hay que proyectar. Hacer un proyecto de mejor calidad, como lo hacen en el sur po'. Ahora la gente joven va a poder disfrutar po, si antes lo hacíamos todo a pulso y a caballo, tirar los botes, el tractor llegó de a poco.

El crecimiento demográfico también nos afecto, empobreció a la comunidad yo te diría, nosotros sacábamos cultivos. Éramos jóvenes, con un nivel cultural un poco mejor, entonces, intentamos meter ponte sabíamos que las machas se iban a acabar entonces intentamos algunos proyectos de cultivos. Cultivamos ostras, éramos un modelo a nivel regional po', los pescadores no tenían cultivos. Trabajamos con la universidad ahí, con a católica, la escuela de ciencias del mar, tuvimos asesoría de ahí. Trajimos las semillas de Tongoy que producen las semillas, y trajimos Glacilarias primeros, del sur, el alga. Primer te cuento trajimos Glacilaria ese es de donde se saca el Agar Agar, un alga roja, no es natural de aquí, la trajimos del sur como primer proyecto piloto para diversificar actividades. Teníamos las machas, trabajábamos algunos días, dividíamos las cuotas, pero pa que no se nos acabaran, teníamos que empezar a generar conciencia. No fue fácil eso. Aquí la gente tiene un nivel cultural muy bajo, cuesta que entienda, pero bueno, igual lo hicimos. Queríamos tener una actividad paralela, para cuando se acabara esto, tener lo otro y empezamos a cultivar. Sembramos la primera vez, teníamos pensado que esas algas nos iban a dar para ganar, por que era una cadena mas grande. Y primera vez fíjate que ahí se produce el impacto, un nos dimos cuenta recién del impacto que habían generado las industrias acá. Nunca pensamos, estábamos dedicados a lo que pasaba acá, lo veíamos mas lejano, pero cuando sembramos las algas por primera vez cachamos que deberían haber echo el estudio del sustrato, el sustrato

estaba contaminado, había un terrible alguicida para los metales pesados, el terreno en sí, yo lo vi crecer, sembré por horas, trabajamos una cantidad de buzos y una cantidad de gente, de señoras, los hijos colaboraban, eran participativos de ese proyecto. Pensábamos que eso iba a generar una cantidad de lucas que nos iba a ayudar a todos, para tener una calidad de vida decente. Y ahí fíjate nos dimos cuenta, el alga en sí crecía pero no se afirmaba en el sustrato, no enraizaba. Entonces quedaba arriba, quedaba flotando en la orilla. Obviamente que después se perdió todo el trabajo, quedaban unas lucas eso sí del proyecto.

Nos quedaba un ítem, ya sabíamos que estaba contaminado, ahí nos dimos cuenta por primera vez, que la bahía en sí con los desechos industriales habían generando un tremendo impacto. Pero como quedaban lucas por gastar, los asesores con los que trabajábamos, quisimos sembrar ahí las ostras, trajimos semillas, invertir la plata, para sembrar arriba esta vez, no ocupar el fondo, ahí trajimos algas, trajimos ostiones también, porque pensábamos que arriba el agua esta bien, pensábamos que arriba no. Trajimos ostras, semillas, dijimos, arriba nos fue mal pero arriba nos debería haber ido bien, como tan mala suerte. Si viene cierto, nunca tuvimos acceso a la información, las empresas hacían informes pero nunca supimos la calidad del agua que había, no sabíamos pa' donde iba toda esa información, no había transparencia. Bueno y después, empezamos a vender, sembrábamos en invierno y vendíamos en verano, choritos, que se yo, sembrábamos nuestros cultivos. Teníamos ostiones y piures que se daban de forma natural, se pegaban en las líneas, estábamos todos contentos, ahora si por fin, por fin le achuntamos. Nos poníamos a vender en las playas, tenía unos colegas que eran buenos pa' la parte comercial, las ostras con limón ahí en la playa y pucha que nos iba bien. Al final de la jornada nos repartimos las Luquitas y todos felices pa' la casa, así estuvimos harto tiempo,. Y después ocurre algo bien raro, llega salud a la caleta, el servicio nacional de salud, yo pensaba que venían a ver los negocios, los restaurantes, eso vía yo siempre, pero no los asociaba a la caleta. Bueno, nos decían que tenían que muestrear los recursos de la caleta, no hicimos caso, después vinieron una segunda vez, segunda vuelta, no entendíamos nada, estábamos haciendo todo bien, eran nuestros cultivos. Bueno hicimos la muestras y queríamos ver también los resultados, después de varios seguimientos tuvimos los resultados, pero no sabíamos evaluar nosotros, nos empezamos a preocupar eso si po', si aquí comíamos todos, la comunidad comió mucho tiempo ostras. Vendíamos para todos lados, pensamos que tenía que ver con los

negocios, pero no era eso. Entonces aparece el alto índice de contaminación que tenían las otras ostiones, todo estaba malo, 500 veces de cobre, las otras, era un margen.... Lo más trágico de todo este tema es que nosotros éramos los responsables, la empresa nunca vino a preocuparse de eso, nunca nada, no quiso saber o hacer como que sabían. Después de todo esto que te cuento, lo peor de todo, es mira, ese viejito con la edad que tiene, con una jubilación miserable, en un momento de él su proyecto de vida quería encaminarlo mejorarlo, siempre pensábamos en eso, en tener una mejor calidad de vida, teníamos la proyección de esto, cuando tu haz visto eso, que se han sacado la porquería trabajando por una visión de esto y de repente te pasa esto otro y esta mucho más avanzado; entonces tu me preguntai quien responde por esto, el estado, el gobierno, nadie po'.

En ese momento fuimos a la federación, dijimos, esto pasa, salud lo esta cubriendo pero nosotros no podemos hacer nada. En realidad salud tenía razón, y ellos nos dijeron, que teníamos la facultad de hacer lo que quisiéramos, pero que hacemos nosotros contra este gigante. Ah, y aquí tenemos lo complejo, ahora nosotros tenemos áreas de manejo, son productivas, las cuidamos, sacamos loco, lapa y erizo, pero no alcanzan a tener un ciclo normal respecto a la comunidad para vivir de eso, no se puede. Cuando se sabe que salud prohíbe nuestros productos, de alguna manera desaparecen todos lo que nos compraban, ya no te compran naa', y ahí viene una pobreza de nivel extremo. Fue penoso, después de todo el esfuerzo, de jóvenes de tu edad con proyecciones, nos muestran que están contaminados y nosotros sin saber, un proyecto fracasado, la gente va perdiendo también la confianza en uno como líder. Lo más grave ocurre después, cuando se dan cuenta que los productos del mar estaban contaminados, nadie nos quería comprar. Fuimos el punto más negro de la región. Eso fue lo mas terrible, lo mas dramático que ha pasado acá. Cuando ocurre eso la comunidad era mucho más grande, la gente joven entonces empieza a buscar actividades complementarias, si había que seguir, la gente tiene hijos y sus casas.

(Hoy en día de qué viven) Bueno, en el verano tenemos un nivel de turismo que permite trabajar el Huiro, pero también hoy día dentro de los escenarios mas complejos que existen, las empresas ustedes saben generan un tremendo impacto pero tienen que tener un control. Hoy día el monitoreo de los niños en la comunidad de maitenes es cada vez mas alto porque están cerca de Codelco, los lideres van y le llevan cosas a las niñas y se sacan fotos y listo.

Yo me fui al sur por mucho tiempo, pero siempre viví acá, siempre comprometida con la comunidad, yo me voy a morir acá. Me voy a preguntar mil veces porque me tocó vivir esto. La familia de mi señora es trasladada del norte, ella no es de acá, el papá de ella llevo a trabajar en las industrias, y bueno, cuando se unen dos familias así es totalmente convergente pero bueno, uno aprende. Lo que me preocupa mucho hoy día es la salud, ese es un tema súper grave, se está escapando esa vedad. Ya han estado con la intendencia, con algunos seremi de salud por ejemplo, yo creo que no es que se les vaya a caer la imagen, es la realidad de aquí nomás, cuando vamos a destapar ahí. El puerto tiene un lugar donde van a correr y van a hacer zumba, entonces si va el lobby y va todo el mundo lo esconden, de que estamos hablando. Es gente que no es de la comunidad que se ha ganado una peguita aquí y son los líderes, ha sido tan grande el crecimiento que se ha dado por estas empresas, es gente que no ha estado desde siempre acá, que no ha vivido desde los orígenes, nada po'. No hay un sentimiento de manifestarse de ellos, no sabemos bien por qué. El elefante blanco, este gigante que mata gente.

A mi me preocupan los niños chico, hay un colegio aquí el Chocota, ente Horcón y Ventanas, que no te imaginas la cantidad de niños con problemas de aprendizaje que hay. Todo eso está hay, la municipalidad lo conoce, sabe que esta ahí, cuantos más van a tener que pasar, son niños con malformación con problemas de aprendizaje, cuanto tiempo más realmente va a tener que pasar para que se haga algo. Nosotros los mayores, tenemos que intentar de generar un cambio.

Aquí estaba la Puntiquí, un lugar turístico que atendía a la gente top, como Reñaca, esto era. Había un restaurante de coirón, puras ventanas con vista al mar. Había una piscina con vista al mar, mi tía era concesionaria, aquí había gente linda y por aquí también gente linda. Era como un domo gigante con vidrio y toda la vista al mar. No te imaginai como era.

## Entrevista a Y., B., R., B, DO & DL Agua de pozos, Las Ventanas Bajo. Puchuncaví

Jueves 05 de Octubre, 2018

**Yerno de Iván (Iván es dueño dele pozo) (Y)**  
**Blanca (B)**  
**Ruth (R) – (sobrina de DO&DL)**  
**Don Lana & Doña Olga Barraza(DL-DO)**

Presentación (...)

Y: Mire, aquí yo tengo agua potable. Mi suegro tiene pozo y los baños los tiene con pozo

¿Y tienen el mismo pozo?

Y: No, usan distintos pozos. Los tienen aquí mismo en el terreno.

¿Sabes si el agua la almacenan en estanques?

Y: Si, juntan agua allá arriba en el estanque, como tiene baños y duchas.

Entrevista a Blanca (B)

Presentación (...)

¿Ustedes tiene agua de pozo?

B: No, agua municipal. La trae un camión de la muni.

Ah, viene un camión y les trae agua.

B: Sí

Y ¿Dónde la tienen, la almacenan en estanques?

B: Sí, en esos que están allá arriba. Hay tinas, hay estanque de esos azules.

¿Y este blanco de aquí?

B: No, ese que está ahí es para el agua potable, pa' la gente pa' arriba.

La gente que tiene pozo de Ventanas, ¿es la gente que esta abajo?

B: Abajo si, todo esto que está aquí, a todo esto le viene a dejar agua la muni.

¿Cada cuanto viene ese camión?

B: Cada 15 días

Cuanta agua trae mas o menos ese camión, sabí?

B: Trae mucho agua ese camión, mas o menos, mucho agua, no se cuanta pero mucha.

Y ¿entre cuantas casas reparten esa agua app?

B: Entre esta que esta aquí y la otra de aquí, las otras tienen pozo. Mira anda a preguntarle a donde esta la camioneta blanca ahí, a Don Lana, el tiene agua de pozo. Nosotros la almacenamos en tinas el agua, nos dura una semana o dos semanas

¿Cuántos son en la casa?

B: Somos 8 nosotros, sí

¿Ustedes siempre han sido de acá de Ventanas?

B: Nosotros hace 18 años que estamos acá, viviendo acá, antes éramos de Maitencillo

¿Y ahora como han vivido todo este boom de información y polémica del ultimo tiempo? ¿Es bueno o es malo, que creí tú?

B: Esta bueno, si po'. Que se informe la gente para que lo

respeten a uno. Pa' saber que es lo que esta pasando con uno, por que no hay ninguna solución po'. Esperemos que lo vaya todo bien po.

Si, esperemos que empiece a cambiar la cosa. Ya voy a buscar a Don Lana entonces, muchas gracias.

B: Ya chao.

Entrevista a Ruth, Doña Olga Barraza y Don Lana

Presentación (...)

R: Venimo' llegando, es que fuimos al pago po'. Tenimo hartos perros para que no se metan a robarnos po.

Como esta?

DO: Aquí noma

De lo más bien que la veo yo. Mire le cuento, yo soy estudiante de Diseño y estoy trabajando en mi tesis con todo el tema de la contaminación. Estoy intentando averiguar como funciona el tema de los pozos y la Katta Alonso me mandó para acá. La Sra. Blanca me dijo que usted funcionaba con el pozo que estaba allá.

DL: Si, el pozo lo tengo allá yo

Ese pozo es suyo?

DL: Sí

¿Sabe cuantos metros tiene más o menos?

DL: Tiene 22 metros.

Y de ese pozo ¿Cuántas casas mas o menos agarran agua?

DL: Las de acá nomás, de este lado pa acá nomas, las del otro lado no.

¿Cuántas casas son esas?

DL: son, a ver, un, dos tres.

DO: Como cinco

Y ¿esa agua la almacenan en algún lugar o esta directamente conectado, como lo hacen?

DL: Esta conectado al estanque que está arriba

DO: Sí, uno que esta en la esquina ahí arribita

Perfecto. ¿Qué capacidad tiene ese estanque, sabe?

DO: Es grande

DL: Dos mil litros

DO: Y la otra casa tiene otro, para la otra casa

¿Y ese está conectado a otro pozo?

DO: No, al mismo

Claro, y ese esta conectado entonces a su estanque y a otros para cuatro casas más

R: Sí

DL: Pal' otro lado hay otro pozo también

¿Hace cuánto que tienen este pozo ustedes, cuantos años tiene más o menos? ¿Hace cuanto que ustedes viven acá?

DO: Hace cuarenta años que estamos acá

¿Y antes de donde eran?

DO/DL: De Copiapó



Ah, lejos. Su buen pique.

DL: Sí, por que me traslado ENAMI a mí para acá a mi po', de Codelco. Me traslado de Copiapó pa' acá.

Perfecto.

DL: Me traslado el año 78'

R: Cuando nació yo

EL año 78', cuando estaban recién partiendo las empresas por aquí.

DO: Si pue' estaban nuevecitas

DL: Todo esto era de ENAMI po'

Claro, ENAMI que es actualmente Codelco. Y ese pozo les funciona bien a ustedes, ¿no tienen problemas?

DL: No, ningún problema

Y, ¿les da bien para todas las casas que están conectadas?

DL: Sí

¿Aquí funcionan con un alcantarillado? ¿Qué hacen con toda el agua que usan?

DL: No, con pozo.. tenemos pozo ..

¿Pozo séptico?

DL: Sí, pozo séptico

DO: No, nosotros hacemos.. ¿Cómo se llaman?

R: Fosas, nosotros hacimo' fosas. Con piedras, drenaje y todo eso.

DO: Eso, pero nosotros hacemos fosas nomás

Puedo ir a mirar el estanque ¿Les importa si voy a verlo?

R: Sí, vamos nomás

DL: Vaya nomá' acá arriba

(...)

R: Vamos. Yo me llamo Ruth, mira yo vivo allá en la casa donde tengo los toldos

¿Este estanque es el que tienen para sus casas?

R: No, este es el que tira para las casas que están al lado de mi tío po y este que está acá es el que tira para la casa de acá.

¿Este es el que tiene dos mil litros?

R: Sí, este tiene dos mil

Entonces el otro es más grande, se ve más grande

R: Sí, este que es de otras casas tiene más

¿No tienen problemas con los pozos, no se quedan sin agua?

R: No, ninguno, porque tenemos los llenos. En el verano de repente puede pasar más, pero siempre tenimo' agua

¿Cómo han estado con todo el tema de...

R: ¿De la contaminación?

Sí.

R: Mi tío enfermo nomás po'

¿Qué tiene él?

R: Le duele la cabeza, las piernas. Yo igual a veces amanezco, no se si será eso, pero yo nunca he ido al doctor porque uno no se.. pa' qué. Me pesan las piernas nomás

¿Tú estas trabajando?

R: Yo no, mi marido trabaja, es panadero y aparte hacimo' pasteles. Aquí todo en la casa. Yo vendo ropa igual, voy a Santiago y me traigo mis matutes ahí.

¿De patronato?

R: Sí, de maids. Traigo de todo.

Y su tía, ¿Cómo me dijo que se llamaba?

R: Mi tía Olga, Olga Barraza

Doña Olga, ¿Cómo anda de salud ella?

R: Ahí anda, como tu la viste. A veces anda con la depresión porque esta sola. Ella tiene 10 hijos y ninguno la viene a ver. Yo paso con ellos nomás

(...)

¿Esta zona es Ventanas Bajo?

R: Sí, todo esto y del colegio pa' arriba es Ventanas alto

Perfecto

R: Sipo, el agua es rica acá, no nos enfermamos de la guata. Yo creo que es mejor que el agua que tiran, por que es de pozo pozo nomás po.

La gente VA tiene agua potable?

R: No. No todos, muchos funcionan con pozo y con bomba nomás.

El estanque blanco que esta acá esta conectado a VA ¿o no?

R: Sí, ese tira para arriba

Ah, perfecto

R: El agua de los pozo al principio salía media amarilla que es normal, pero con el tiempo salía clarita, es rica. Esta agua la tomamos, nos duchamos y es buena buena.

¿Y después la botan por fosas?

R: Sí

¿Y lo estanque azules?

R: Ahí guardamos agua, de esta misma de pozo

(...)

**Entrevista a Jasmine**  
**Agua de pozos, Las Ventanas Bajo.**  
**Puchuncaví**

*Jueves 18 de Octubre, 2018*

**Jasmine (J): Dueña de Pozo propio a 8 metros de profundidad**  
**Entrevista Jasmine**

Presentación (...)

J: Yo aquí vivo hace como cuarenta años, pero un tiempo viví en Calama.

¿Se vinieron para acá por la pega?

J: Por la pega po', allá se me acabó, yo me enfermé y me devolví po', pero ahora con la contaminación...

(...)

J: Ese estanque blanco es potable, es el que tira agua potable para arriba.

Pero ese estanque esta abierto...

J: Es que parece que el agua pasa por el alcantarillado, no está ahí aposada. Antiguamente, aposaban las aguas, ahora no po' porque ahora llega Esva parece.

(...)

¿Ustedes tienen algún problema con esta agua?

Por lo menos yo no tomo de esta agua, no tomo de esta agua.

¿Y como lo hacen?

Compro, agua de bidón

¿Cocinas con esta agua?

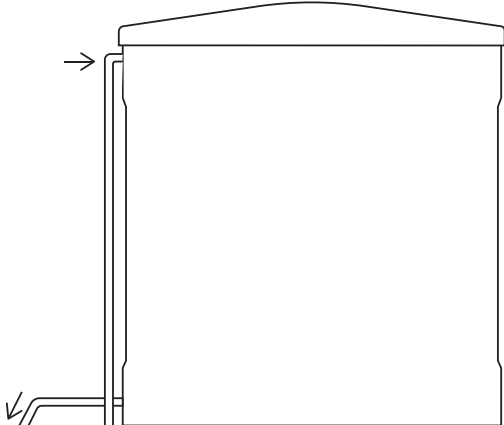
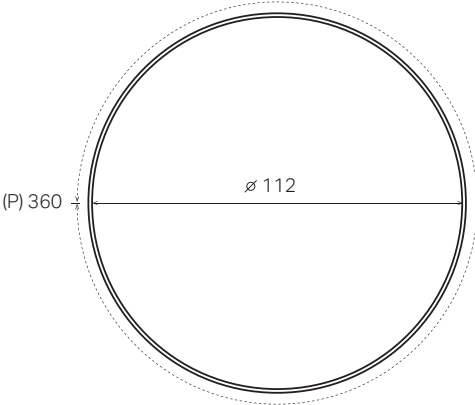
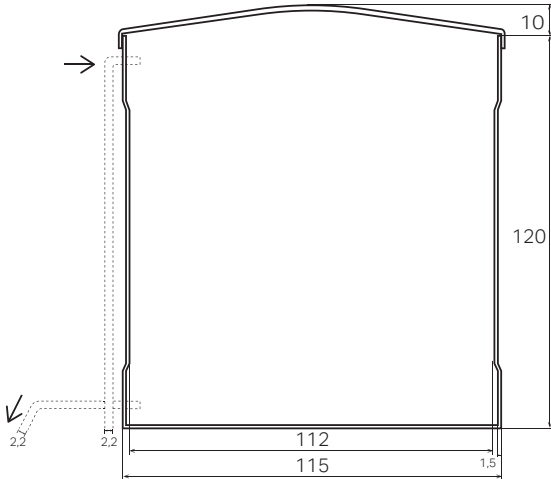
No, la uso para lavar y para el baño, para bañarme

Perfecto, tomas esa precaución

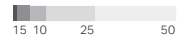
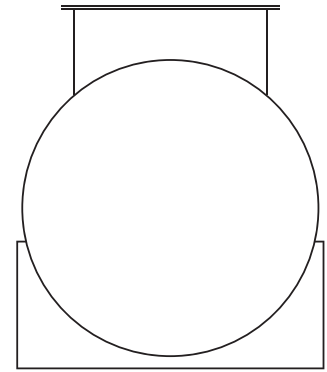
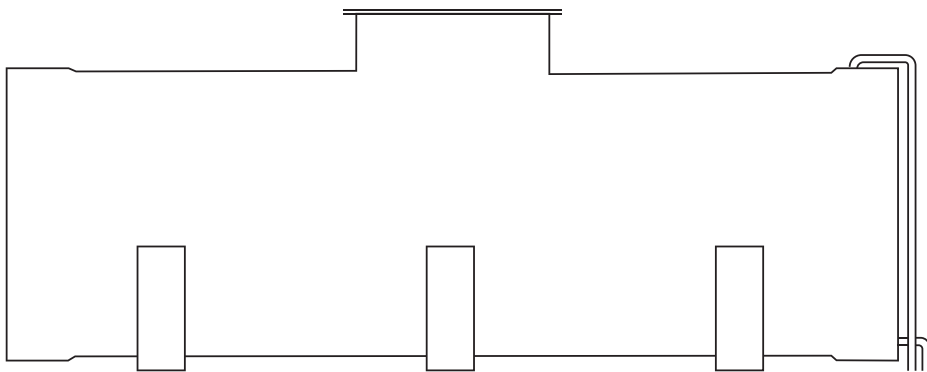
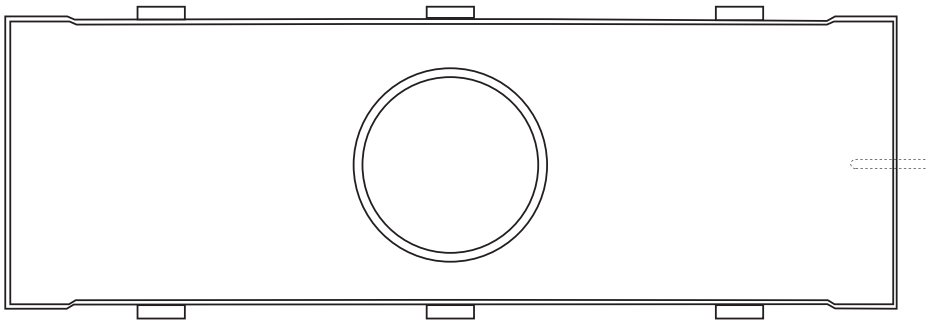
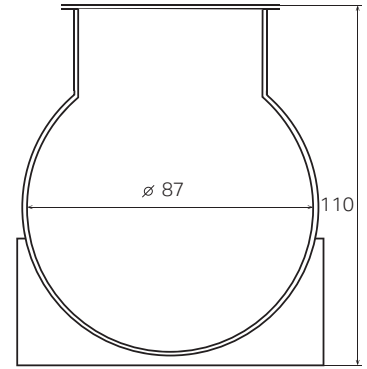
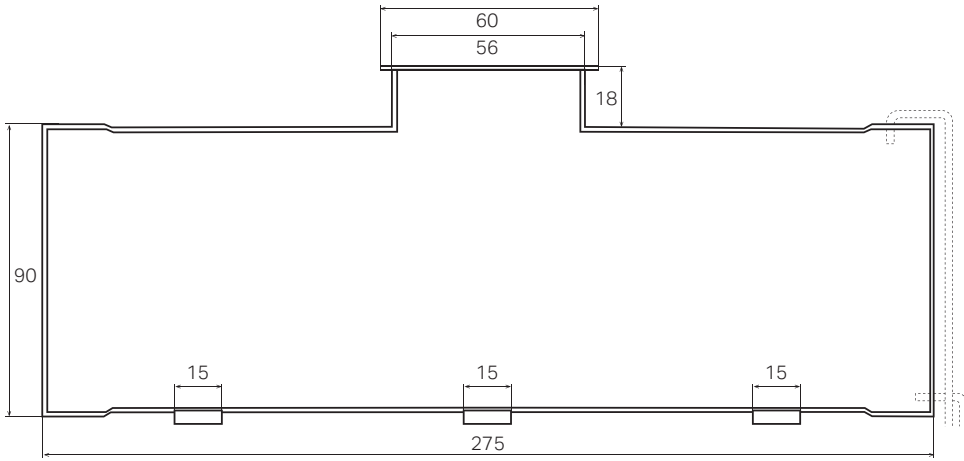
Si, yo no tomo de esta agua. Los perros toman de esa agua.

**PLANIMETRÍAS ESTANQUES**

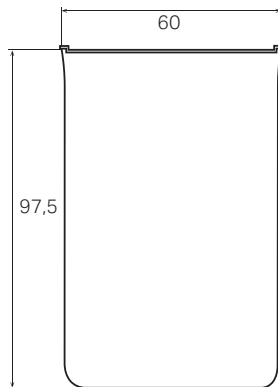
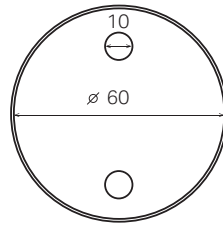
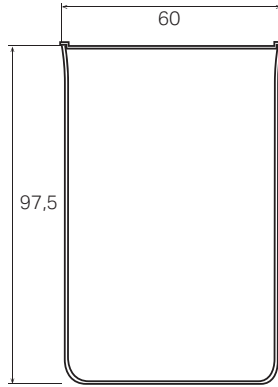
*Estudio Comunidad Ventanas Bajo*



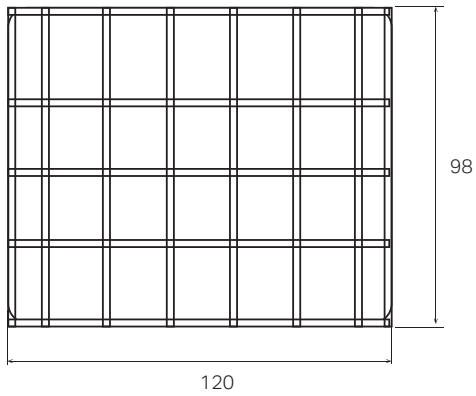
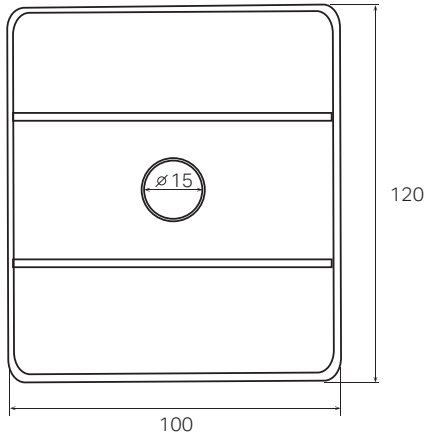
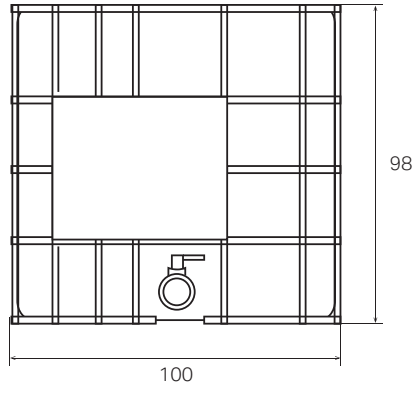
ESTANQUE CILÍNDRICO DE 1.000 LITROS



ESTANQUE CILÍNDRICO DE 2.000 LITROS



CONTENEDOR CILÍNDRICO DE 200 LITROS

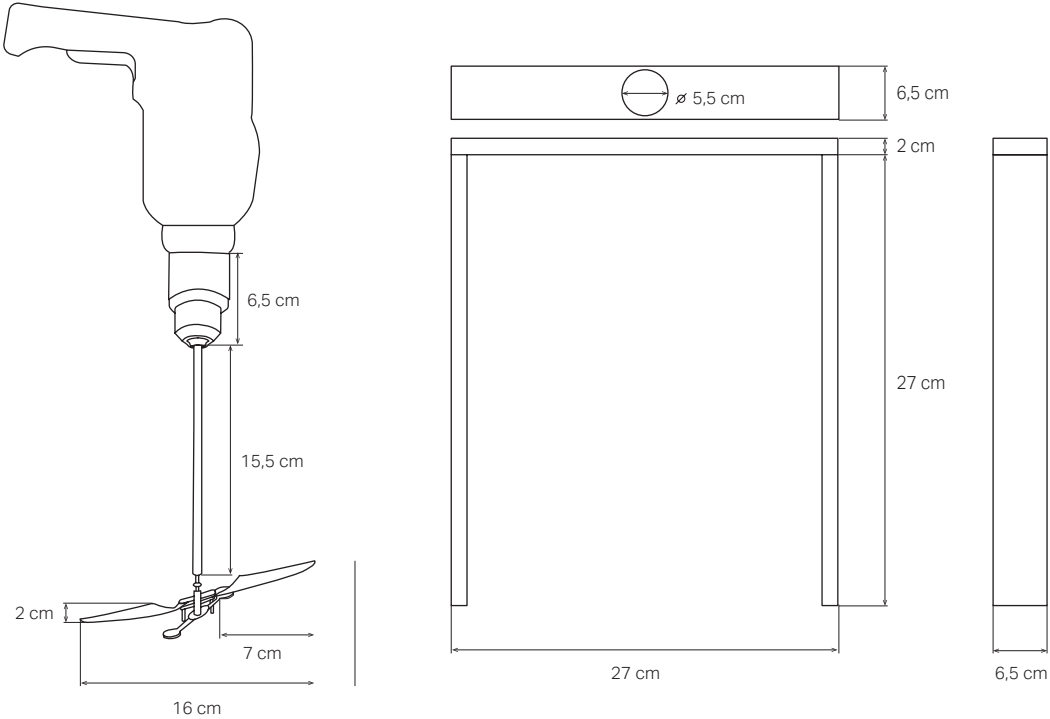
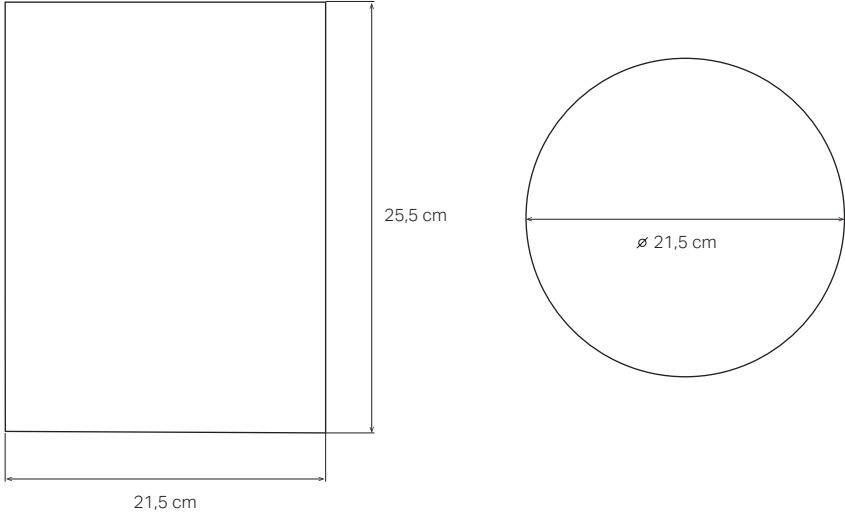


CONTENEDOR IBC DE 1.000 LITROS

# PLANIMETRÍAS PROTOTIPO 1

Escala 1/5

Construcción Prototipos Borradores



# PLANIMETRÍAS PROTOTIPO 2

Escala 1/15

Construcción Prototipos Borradores

